La biodiversidad en MICHOACÁN

ESTUDIO DE ESTADO 2

Vol. III

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en MICHOACÁN

ESTUDIO DE ESTADO 2

Vol. III

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial
Gobierno del Estado de Michoacán

Gobierno de MICHOACÁN

MICHOACÁN SE ESCUCHA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2019
Versión digital
Obra completa: ISBN 978-607-8570-33-1
Volumen III: 978-607-8570-36-2

Coordinación y seguimiento general:
Andrea Cruz Angón[1]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]
Erika Daniela Melgarejo[1]

Cuidado de la edición:
Karla Carolina Nájera Cordero
Jorge Cruz Medina
Erika Daniela Melgarejo
Diana López Higareda

Corrección de estilo:
Aída Pozos Villanueva
Karla Carolina Nájera Cordero
Juan Corral Aguirre

Diseño y formación:
Aída Pozos Villanueva

Cartografía:
Rocío Aguirre López

Iconografía:
Jorge Cerón Ruiz

[1]Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

D.R. © 2019 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México, *http://www.conabio.gob.mx.*

Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Impreso en México/Printed in Mexico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MENSAJE

Michoacán es la quinta entidad con más biodiversidad de México, esta riqueza biológica nos convierte en uno de los estados más importantes y extraordinarios del país en recursos naturales, así lo señalan el *Catálogo Selecto de la Biodiversidad en Michoacán* (1999) y *La biodiversidad en Michoacán. Estudio Estado* (2005).

Como gobierno comprometido con la causa ambiental, valoramos la importancia de esta riqueza y entendemos muy bien que el cambio climático representa una amenaza para nuestra diversidad y recursos naturales.

Como mandatario me preocupa que la principal amenaza sea una consecuencia de la acción humana y que a pesar de que es prevenible, como sociedad aún no hayamos tomado las medidas suficientes para frenarla.

Esta situación nos obliga a redoblar esfuerzos para caminar en la dirección que, expertos y sectores de la sociedad, señalamos a través de esta publicación.

Una buena parte de estos esfuerzos tienen que ver con nuestras leyes, por ello, en 2019 impulsamos un paquete legislativo de avanzada en materia ambiental, que diera certidumbre jurídica a la conservación y preservación de nuestra riqueza y patrimonio natural, considerando a la biodiversidad como la base del desarrollo estatal.

Finalmente, quiero señalar que el trabajo conjunto de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y de investigadores, concretado en esta actualización del primer *Estudio de Estado*, es una fuente de información valiosa para la toma de decisiones y el fortalecimiento de estrategias de manejo de nuestro patrimonio natural, siempre con el objetivo de promover la sustentabilidad ambiental y la prosperidad urbana.

ING. SILVANO AUREOLES CONEJO

Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

PRESENTACIÓN

Los estudios de biodiversidad estatales (estudios de estado) constituyen los diagnósticos más completos sobre el patrimonio natural de las entidades de la república nexicana. Hasta el momento se han publicado en 18 entidades federativas y se trabaja con nueve estados más para próximas publicaciones. Con este esfuerzo de compilación que coordina la CONABIO se abarca, con información actualizada sobre la riqueza natural del país, un poco más de 80% de las entidades federativas.

Michoacán, además de haber sido la segunda entidad en publicar el Estudio de Estado, es la primera que actualiza este documento, lo que sin duda representa un avance importante para la difusión del nuevo conocimiento sobre la diversidad biológica, su aprovechamiento y las tendencias de cambio. Se abordan nuevas temáticas como toda una sección sobre la diversidad genética, un capítulo amplio sobre los servicios ecosistémicos disponibles en la entidad y una sección que esboza de manera muy clara el contexto social y económico de la entidad, señalando su influencia en la preservación o deterioro de la riqueza natural michoacana. Sin embargo, lo que es de resaltar son las 14 684 especies reportadas, en contraste con las 9 509 especies registradas en el primer estudio.

La obra está conformada por tres volúmenes, que representan una fuente de información única y confiable sobre la situación actual del capital natural del estado; el contenido es desarrollado por los académicos del estado especialistas en los temas tratados y por representantes del gobierno estatal, ambos grupos enteramente comprometidos en salvaguardar los recursos naturales y su manejo.

Esta publicación representa la principal fuente de consulta para autoridades gubernamentales, académicos, comunidades locales, grupos indígenas y sociedad en general, con el fin de dirigir la toma de decisiones, diseñar estrategias de planeación, establecer políticas públicas y continuar con la generación de nuevo conocimiento sobre el patrimonio natural de la entidad para el desarrollo sustentable de Michoacán.

El libro *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado* 2, es una fotografía instantánea del conocimiento y estado de la biodiversidad en Michoacán. Provee una línea base actualizada para identificar los procesos de cambio y transformación de los ecosistemas del estado, que permitan establecer las acciones pertinentes para garantizar su conservación y uso sustentable a mediano y largo plazo.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales (gubernamentales, académicas y de la sociedad civil) apoyarán la difusión de esta obra y darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad y los cambios que en ésta se registren, con la finalidad de favorecer el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales michoacanos. De esta manera, el esfuerzo desarrollado será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la entidad.

Esta obra contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2030*, la cual es parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB); además, es un valioso

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de Michoacán.

CONABIO agradece al Gobierno del Estado de Michoacán y a los 275 autores pertenecientes a 45 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación. Sin ellos no hubiera sido posible la elaboración de esta primera actualización del Estudio de Estado; los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

JOSÉ SARUKHÁN KERMEZ

Coordinador Nacional de la CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONTENIDO

Mensaje. 5
Presentación 7
Introducción 11

6. DIVERSIDAD GENÉTICA

Resumen ejecutivo 17
Diversidad genética 19
EC: Variación genética altitudinal entre poblaciones de especies forestales 31
EC: Genética de la restauración en bosques templados 35
EC: Diversidad genética de los encinos (*Quercus* spp.) 39
EC: Uso de marcadores moleculares en la sistemática de alacranes 43
EC: Evaluación de la diversidad de lepidópteros nocturnos, utilizando código de barras de ADN 49
EC: Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas. 53
EC: Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces 57
EC: El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces 63
EC: Diversidad genética de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas y estuarinos. 67
EC: Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra (*Chelonia mydas*) 71
EC: Diversidad genética de mamíferos 75

7. CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Resumen ejecutivo 81
Áreas bajo conservación 83
Restauración ecológica 91
EC: El zapote prieto: un frutal silvestre en extinción 99
EC: El ajolote de montaña en el arroyo Palos Prietos: una oportunidad para la conservación 105
EC: Conservación y producción orgánica: el caso de la jamaica en La Huacana 109
EC: Conocimiento de la biodiversidad y difusión para la toma de decisiones: análisis del primer Estudio de Estado de Michoacán 115
El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM). 119

8. APROVECHAMIENTO

Resumen ejecutivo 129
Recursos forestales no maderables 135
Uso de leña y dispositivos de combustión: promotores del manejo y conservación de los recursos forestales 151
Sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre 161
Diversidad de agaves: usos y riesgos en su aprovechamiento 169
EC: Vulnerabilidad de los agaves mezcaleros 175

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

EC: Recursos naturales para la producción tradicional de mezcal: más allá de los agaves 179
EC: Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en dos localidades del municipio de Morelia 181
La participación social en la conservación, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales . . .187
Los servicios ecosistémicos 199
Capacidad de los bosques para almacenar carbono en el suelo. 227
Relevancia económica del ecoturismo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 237
Potencial natural para el ecoturismo costero: una perspectiva físico-geográfica 245
Experiencias de aprovechamiento comunitario y conservación de la biodiversidad 257
EC: Sinergias y antagonismos: manejo agronómico y mantenimiento de la diversidad de herbáceas y polinizadores en huertas de aguacate 269
EC: Conservación y aprovechamiento de dos especies endémicas de *Ambystoma* 279
EC: Uso y manejo de recursos naturales en la región nahua. 285
EC: Manejo y genética del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) 287

9. FACTORES DE PRESIÓN

Resumen ejecutivo 291
Efectos del manejo forestal en la diversidad y estructura de especies arbóreas 293
Introducción de especies exóticas invasoras: amenaza para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad 301
EC: Peces introducidos: amenaza potencial para la diversidad de peces nativos 307
EC: Peces diablo: una amenaza en los cuerpos de agua michoacanos 315
EC: El bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*): especie invasora de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. 319
Proyecciones de cambio climático y sus efectos en la vegetación 325
Reducción de áreas con alta riqueza de especies del género *Quercus* bajo escenarios de cambio climático global 333
Contaminación de cuerpos de agua 343
Deterioro ambiental: causas y consecuencias sobre la biodiversidad 357

Nuestros autores 371

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

INTRODUCCIÓN

ANDREA CRUZ ANGÓN Y KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO

Este tercer volumen de *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, compila el conocimiento sobre la diversidad genética de la entidad; además se documentan las distintas maneras en las que se conservan, aprovechan y gestionan los recursos biológicos en el estado, para finalmente analizar los principales factores de presión que afectan a la biodiversidad.

DIVERSIDAD GENÉTICA

La sobrevivencia de las especies ante cambios drásticos del medio ambiente depende, en gran parte, de qué tan diversas genéticamente sean sus poblaciones (UNESCO 2015). La información capaz de asegurar la permanencia de los seres vivos a través del tiempo está contenida en los genes de cada individuo, esta es la base para que la selección natural actúe y la evolución suceda. El conocimiento acerca de la estructura y diversidad genética tiene aplicaciones importantes en la conservación de las especies y ecosistemas, en las tareas de restauración, en la salud pública, en la sustentabilidad y productividad agrícola, pecuaria, pesquera y forestal, así como en la domesticación de organismos y en la biomedicina (Sarukhán *et al.* 2017)

En la sección 6 se presenta información que permitirá al lector familiarizarse con los conceptos básicos sobre diversidad genética; se abordan algunos casos que documentan estudios genéticos de plantas y animales con importancia económica y cultural, como las coníferas ampliamente distribuidas en los bosques de la entidad y algunos peces dulceacuícolas.

Los ejemplos manifiestos en esta sección son pocos en comparación con la enorme biodiversidad presente en el estado, ello resalta la necesidad de incrementar tanto el número de científicos dedicados al conocimiento de la diversidad genética de las especies locales como la infraestructura necesaria para estudiarla, con la finalidad de proponer acciones para conservar y usar de forma sustentable el acervo genético.

EL CONCEPTO DE CONSERVACIÓN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2016) define la conservación como la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, hábitats, especies de vida silvestre y poblaciones, dentro y fuera de sus ambientes naturales, con el objetivo de salvaguardar sus condiciones naturales a largo plazo.

En la sección 7 se hace una recopilación de los principales instrumentos de política pública existentes en el estado para conservar su biodiversidad, y se evidencia la necesidad de promover el aumento de superficie protegida para asegurar la conservación de los recursos naturales. Se incluyen estudios de caso de especies endémicas de México, como el ajolote de montaña y el zapote prieto.

Cruz-Angón, A y K. Nájera-Cordero. 2019. Introducción III. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 11-13.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

APROVECHAMIENTO Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los seres humanos obtenemos bienes y servicios esenciales de los sistemas naturales, como alimentos, forraje, madera y productos farmacéuticos, los que representan una parte importante de la economía nacional y son elemento fundamental para la economía de autoconsumo, ya que sostiene aproximadamente a 20% de la población del país.

Los beneficios y servicios que el ser humano recibe de los ecosistemas pueden dividirse en cuatro categorías o tipos: 1) de provisión: que involucra a las materias primas que se obtienen directamente de los ecosistemas, como fibras, madera, agua y alimentos; 2) de regulación: como reguladores del clima, de enfermedades y plagas, y control de la erosión, entre otros; 3) de soporte: por la formación de suelos y reciclado de nutrientes; y 4) culturales: al ser fuente de inspiración artística o espiritual y conformar sitios recreativos, entre otras (CONABIO 2006; figura 1).

FACTORES DE PRESIÓN A LA BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En la actualidad, la pérdida de biodiversidad y degradación de los ecosistemas están asociadas principalmente a actividades humanas no sustentables (CDB 2010). Los factores de presión pueden afectar de manera diferenciada a los distintos componentes de la biodiversidad; ser específicos a un sitio o actuar de manera sinérgica. En la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MA 2005) se identificaron factores directos e indirectos de pérdida de biodiversidad. Los primeros tienen que ver con cuestiones demográficas, económicas y de gobernabilidad y ejercen influencia sobre los segundos. De acuerdo con esa evaluación las cinco causas directas de pérdida de biodiversidad son: pérdida y degradación de los ecosistemas, sobreexplotación de especies, presencia de especies exóticas invasoras, cambio climático y contaminación (MA 2005).

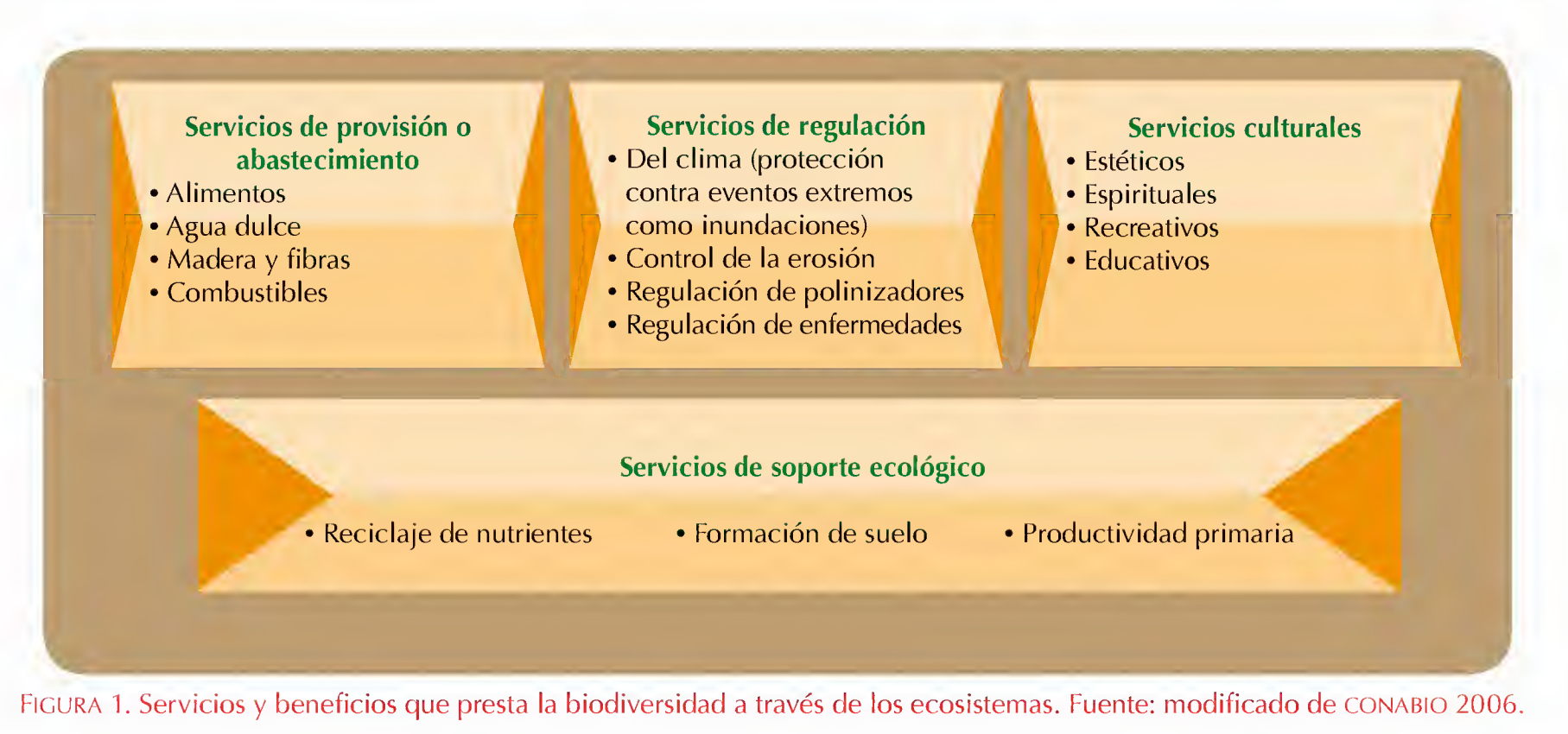


FIGURA 1. Servicios y beneficios que presta la biodiversidad a través de los ecosistemas. Fuente: modificado de CONABIO 2006.

En la octava sección se documentan ejemplos del aprovechamiento extractivo en Michoacán, principalmente se analiza el uso que se le da a los recursos forestales no maderables, la producción de mezcal a partir de agaves, las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre y la importancia de la participación social activa en la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

Asimismo, se presentan diversos casos sobre el aprovechamiento no extractivo de la diversidad biológica, profundizando sobre todo en los servicios ecosistémicos y el ecoturismo de áreas protegidas.

Para finalizar, en la última sección de este volumen se reconocen las principales causas del deterioro ambiental en Michoacán y se abordan algunos casos puntuales sobre especies invasoras y otros factores de presión en el estado.

Así, en esta obra sin precedentes se recopila la información más actual sobre varios temas relacionados de forma directa con la biodiversidad (ecosistémica, específica y genética), su conservación, aprovechamiento y factores de presión. Sin duda Michoacán es un ejemplo a seguir a nivel nacional, ya que con este esfuerzo de compilación es evidente la importancia de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

mantener actualizado el inventario de especies, tanto de México como de la entidad, ya que en este ejercicio de actualización se incrementó de forma considerable el número de especies, se documentaron zonas que atender por los tomadores de decisiones y se encendieron focos de atención para enfocar las investigaciones futuras y llenar los vacíos de información.

REFERENCIAS

CDB. 2010. *Ecosystem goods and services in development planning: a good practice guide*. CDB, Montreal.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2006. *Capital natural y bienestar social*. CONABIO, México.

MA. Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2016. IUCN definitions. En: *<https://cmsdata.iucn.org/downloads/en_iucn__glossary_definitions.pdf>*, última consulta: abril de 2019.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2015 Thesaurus. En: *<www.unesco.org>*, última consulta: 22 de febrero de 2016

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

6

Diversidad Genética

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo
Diversidad genética

IRERI SUAZO ORTUÑO E ISELA EDITH ZERMEÑO HERNÁNDEZ

La diversidad genética es una medida que cuantifica la variabilidad de genes dentro de una población, y es un componente vital de la biodiversidad que debe ser conservado y utilizado de forma sustentable en beneficio de las sociedades humanas. La información sobre los cambios en la biodiversidad, a nivel genético, es aún fragmentada a pesar de que cada vez son más las herramientas que evalúan los cambios en los diferentes organismos y poblaciones. Debido a que el reconocimiento del valor de la diversidad genética es un tema cada vez más relevante, no solo desde el punto de vista de la conservación de la diversidad sino también del valor económico y legal que representa el uso de los recursos genéticos, es esencial abordarla como un tema prioritario.

A diferencia del Estudio de Estado publicado en 2005 para Michoacán, en esta obra se incorpora por primera vez la sección Diversidad Genética, integrada por un capítulo inicial que define la diversidad genética, su importancia, su relación con la conservación y las amenazas que enfrenta este componente de la diversidad biológica, además, se incluyen 11 estudios de caso que exponen la diversidad genética de grupos importantes de especies, utilizando marcadores moleculares para resolver incertidumbres sistemáticas y proporcionar conocimiento dirigido a enfrentar problemas de conservación y deterioro ambiental.

Por ejemplo, para el caso de los encinos de algunas poblaciones michoacanas se reporta que los valores de diversidad son considerablemente elevados, comparados con los de otras partes del mundo, lo que puede explicarse por las particularidades de la historia evolutiva del género en la región, lo que convierte al estado en un territorio clave para la implementación de políticas de conservación orientadas a preservar la diversidad genética de los encinos.

En otro estudio de caso se describe la diversidad genética de tres especies de tortugas marinas que desovan en Michoacán (*Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas*), y se incluye una aproximación para brindar claridad a la sistemática de la tortuga negra (*C. mydas*), especie emblemática para el estado; los resultados de diversidad son similares a los encontrados en otras regiones del mundo en tortugas marinas con grandes tamaños poblacionales, por lo que se concluye que la amenaza principal para este grupo es generada por el consumo y la pesca incidental.

La diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas y estuarinos es también abordada para entender aspectos de la historia evolutiva y biogeográfica de las asociaciones parásito-hospedero, con el fin de establecer límites más precisos entre las especies y reconocer aquellas del tipo crípticas.

En el caso de los lepidópteros nocturnos, empleando bases de datos del proyecto internacional del código de barras de la vida (IBOL, por sus

Suazo-Ortuño, I. e I. Zermeño-Hernández. 2019. Resumen ejecutivo. Diversidad genética. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 17-18.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

siglas en inglés), fue posible identificar individuos pertenecientes a 75 géneros. Los avances del trabajo sugieren que más de 60% de las especies podrían ser nuevos registros, lo que representaría un incremento de 30% en la diversidad de lepidópteros para el estado.

También se reporta la diversidad genética de los mamíferos michoacanos. Se presenta una recopilación de investigaciones que aportan a la tipificación molecular de diversos mamíferos (p.e. la ardilla *Sciurus oculatus*, el jaguarundi *Puma yagouaroundi* y el pecarí de collar *Pecari tajacu*), información indispensable para el diagnóstico, manejo y conservación de especies silvestres y de interés cinegético en la entidad.

El uso de marcadores moleculares para apoyar la resolución sistemática de las especies es una herramienta cada vez más utilizada. Esta sección incluye un trabajo que clarifica la situación taxonómica en alacranes del género *Centruroides*, especies con importancia médica habitantes de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec. De los resultados de este trabajo deriva la descripción de una nueva especie, *C. balsasensis*, y la elevación a especie de las subespecies *C. limpidus limpidus* (ahora *C. limpidus*) y *C. limpidus tecomanus* (ahora *C. tecomanus*).

Asimismo, el análisis de información molecular y la evaluación de datos morfológicos y merísticos (conteos de rasgos numéricos como las escamas y espinas) en peces dulceacuícolas, ha permitido el reconocimiento de tres nuevas especies, todas endémicas para Michoacán: *Zoogoneticus purhepechus*, *Notropis grandis* y *N. marhabatiensis*.

Del estudio de la diversidad genética también es posible obtener información sobre la respuesta de las especies a diferentes alteraciones, y con ello dirigir acciones ante fenómenos como el cambio climático y otras perturbaciones humanas. En esta obra se incluye un estudio de caso donde se analiza la respuesta de especies con valor forestal (coníferas) a diferentes condiciones climáticas (determinadas por variaciones altitudinales), y se incluyen recomendaciones prospectivas para dirigir acciones de reforestación en el estado.

Se presenta también una evaluación genética de dos especies de herbáceas de utilidad para la restauración de bosques templados: *Lupinus elegans* (planta fijadora de nitrógeno que tolera condiciones de disturbio y favorece el establecimiento de otras especies) y *Salvia elegans* (la cual permite crear hábitat para especies migratorias de aves y restablecer redes de interacciones tróficas), determinándose que las plantas provenientes de semillas locales se desarrollan mejor que las foráneas.

La evaluación de la diversidad genética también es esencial para establecer estrategias de conservación. En el caso del pez *Zoogoneticus quitzeoensis* se encontró una pérdida alarmante de su diversidad genética a pesar de presentar poblaciones aparentemente saludables, por lo que se recomienda tomar medidas urgentes para revertir el deterioro y pérdida de los cuerpos de agua, además que es indispensable declarar zonas de conservación que mantengan hábitats adecuados para dicha especie.

Si bien el estudio de la diversidad genética puede servir para establecer la línea base de unidades de conservación, en este Estudio de Estado se presenta el primer esfuerzo para establecer dichas unidades (con una base genética) para algunas especies de peces, identificándose 10 unidades operativas de conservación en siete cuerpos de agua del estado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad genética

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, ANTONIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, FRANCISCO JAVIER GARCÍA DE LEÓN Y ALEJANDRO CASAS FERNÁNDEZ

INTRODUCCIÓN

El Convenio sobre la Diversidad Biológica, que surgió en la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, define la diversidad biológica como el conjunto de toda la variabilidad de los organismos que integran los complejos ecológicos que existen en ambientes terrestres, marinos y otros hábitats acuáticos. Esa definición incluye la diversidad dentro de cada especie, entre especies y de los ecosistemas (artículo 2 del CBD, 2001). También define a la biodiversidad en sus tres componentes: diversidad de ecosistemas, diversidad de especies y, la diversidad genética como componente vital de la diversidad que debe ser conservado y utilizado equitativa y sustentablemente por los pueblos del mundo.

La diversidad genética se define como cualquier diferencia que exista en el material hereditario, entre dos o más organismos, ya sea a nivel de los componentes fundamentales (los nucleótidos individuales: adenina, timina, guanina y citosina) que constituyen la cadena de ADN (ácido desoxirribonucleico), o bien a nivel de genes, cromosomas, incluso genomas completos. Representa la variación heredable dentro y entre poblaciones de organismos.

En la mayoría de los seres vivos el genoma está constituido por dos componentes: la variación adaptativa, que tiene importancia en las principales funciones de los seres vivos, y la variación genética neutral o casi neutral; ambas evolucionan de manera distinta y permiten entender la evolución genómica de los seres vivos.

La diversidad genética ocurre por tres procesos fundamentales: mutación, recombinación de material genético y migración de individuos de una población a otra. La mutación es cualquier alteración heredable de la secuencia del ADN en la estructura o número de cromosomas (Lewin 2005) y ocurre debido a errores en los mecanismos moleculares o celulares que reparan o copian el material genético en las células; sin embargo, en la imperfección de dichos mecanismos radica la posibilidad de que la vida haya evolucionado y sea tan impresionantemente diversa como lo es hoy (Futuyma 2005).

La recombinación se da a nivel de los cromosomas y se produce durante la división celular denominada meoisis, que da origen a las células reproductivas (espermatozoides y óvulos) en las especies con reproducción sexual (Lewin 2005); es gracias a la recombinación genética que ningún individuo es igual a otro (excepto los gemelos idénticos). En algunas especies la incorporación de nuevos mutantes mediante migración de individuos pertenecientes a poblaciones aisladas también genera diversidad genética, aunque en la práctica es difícil diferenciar si esas nuevas variantes surgieron por migración, mutación o recombinación.

Domínguez-Domínguez, O., A. González-Rodríguez, F.J. García-De León y A. Casas. 2019. Diversidad genética. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 19-29.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad es exponencialmente más compleja cuando se trata de estimar a nivel de diversidad de genes o de los elementos constituyentes del ADN, o bien cuando se analizan sobre procesos fisiológicos las múltiples relaciones ecológicas entre esos aspectos y el ambiente, o cuando se analizan los mecanismos evolutivos que han esculpido la diversidad biológica durante millones de años. Por lo tanto, estudiar y medir la diversidad genética, de forma práctica y efectiva, no es un trabajo sencillo.

En la entidad, en las últimas décadas se han analizado los patrones de diversidad genética en poblaciones de especies, tanto silvestres como bajo manejo o domesticación (cuadro 1; estudios de caso incluidos en esta sección), sin embargo, el número de estudios es escaso si se toma en cuenta la gran diversidad biológica presente en el estado y el potencial de recursos genéticos que posee.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER LA DIVERSIDAD GENÉTICA?

De inicio, la diversidad genética es indispensable para que la evolución pueda ocurrir (Hartl y Clark 2007); además, la diversidad biológica que se encuentra en niveles superiores de organización (p.e. la diversidad de especies o de ecosistemas) tiene su origen en la diversidad genética (Futuyma 2005), y es fundamental para que las especies puedan adaptarse a los constantes cambios que ocurren en el ambiente, incluido el cambio climático global contemporáneo (véase Estudio de caso. Variación genética altitudinal entre poblaciones de especies forestales, en esta obra).

En la diversidad genética reside la capacidad de respuesta de las poblaciones ante cambios ambientales inesperados y fluctuaciones demográficas, y su magnitud es un indicador de la "salud" de una población o de una

CUADRO 1. Principales técnicas moleculares utilizadas, organismos estudiados y conclusiones relevantes de algunos estudios sobre diversidad genética.

Técnica molecular	Información obtenida	Organismo estudiado	Conclusiones	Nombre del capítulo (en esta obra)
RAPD (siglas en inglés de ADN polimórfico amplificado al azar)	Estimación de los niveles de variación y estructura genética entre poblaciones	*Lupinus elegans* (Fabaceae) y *Salvia elegans* (Lamiaceae)	Se encontraron niveles altos de diversidad genética en *L. elegans*. En el caso de *S. elegans* se encontraron diferencias genéticas entre poblaciones de Michoacán y del Estado de México. Se recomienda usar semillas de origen local para propósitos de reintroducción o restauración	Genética de la restauración en bosques templados
Microsatélites del ADN nuclear y de cloroplasto	Variación genética poblacional	Varias especies de encinos (género *Quercus*)	Las poblaciones de encinos de las especies estudiadas, muestran niveles excepcionalmente altos de variación genética. Se requieren programas de manejo y conservación que preserven los niveles de variación y el potencial evolutivo de las especies	Diversidad genética de los encinos (*Quercus* spp.)
Secuencias del ADN mitocondrial	Relaciones evolutivas entre especies, reconocimiento de nuevas especies	Alacranes del género *Centruroides*	Se reconoció una nueva especie, *Centruroides balsasensis* y la subespecie *C. limpidus tecomanus* se elevó al nivel de especie (*C. tecomanus*)	Uso de marcadores moleculares en la sistemática de alacranes
Código de barras de la vida (secuencias del gen mitocondrial citocromo oxidasa c subunidad I; CO1)[1]	Identificación de especies y reconocimiento de nuevas especies	Lepidópteros nocturnos asociados a encinares en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán	A partir de 251 especímenes adultos se determinó la presencia de especies pertenecientes a 75 géneros. De éstas, 60% podrían ser nuevos registros para Michoacán y representaría un incremento de al menos 30% en la diversidad de especies de lepidópteros en el estado	Evaluación de la diversidad de lepidópteros nocturnos, utilizando código de barras de ADN

[1]También nombrado *Cox1*, CO1.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Técnica molecular	Información obtenida	Organismo estudiado	Conclusiones	Nombre del capítulo (en esta obra)
Secuencias del ADN mitocondrial y del ADN nuclear	Identificación de especies, reconocimiento de nuevas especies, relaciones entre poblaciones	Varios grupos de helmintos parásitos de peces y aves	Se describieron varias especies nuevas de helmintos parásitos con base en el análisis de los datos genéticos, mientras que en otros casos se reconoció que especies aparentemente distintas de helmintos en realidad son una misma	Diversidad genética de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas y estuarinos
Secuencias de ADN y microsatélites	Variación genética poblacional	Pez picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*)	De las poblaciones de esta especie 67% se han extinguido debido a la desecación, contaminación y otras alteraciones de los cuerpos de agua donde habita, mientras que las poblaciones que persisten muestran evidencia de erosión genética	Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas
Secuencias del ADN mitocondrial	Reconocimiento de nuevas especies	*Zoogoneticus purhepechus* (Goodeidae), *Notropis grandis* (Cyprinidae), *Notropis marhabatiensis* (Cyprinidae)	Estas tres especies fueron reconocidas debido a que presentaron un grado de divergencia considerable en el gen mitocondrial citocromo b, además de que también muestran diferencias fenotípicas. Las tres especies tienen una distribución restringida y se encuentran en riesgo de desaparecer debido a la perturbación de los cuerpos de agua	El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces
Diversos marcadores mitocondriales y nucleares	Variación genética y distribución geográfica de la variación genética	Varias especies de peces	Identificación de nueve unidades operativas de conservación (UOC) basados en estudios genéticos: sección alta, media y baja del Lerma, sección alta y baja del Balsas, Zirahuén, Pátzcuaro, Zacapu y Chapala	Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces
Secuencias del ADN mitocondrial, microsatélites	Niveles de variación genética y relaciones entre poblaciones	Tortugas marinas de las especies *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd), *Lepidochelys olivacea* (tortuga golfina) y *Chelonia mydas* (tortuga negra)	Las poblaciones michoacanas de tortugas marinas tienen niveles de diversidad genética similares a otras poblaciones de tortugas marinas demográficamente estables. Para el caso de *C. mydas* no existe diferenciación genética significativa entre las playas de anidamiento analizadas, pero en cada playa se encontraron algunos haplotipos únicos. Se recomienda mantener los esfuerzos de conservación en todas las poblaciones michoacanas de tortugas marinas para mantener su viabilidad a largo plazo	Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra (*Chelonia mydas*)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

especie, ya que su escasez o ausencia limita la capacidad de respuesta de una población a un medio cambiante en el corto y largo plazo, y podría conducir a su extinción (Gautschi *et al.* 2002). En general, se espera que entre mayor diversidad genética tenga una población sus integrantes tendrán mayor capacidad de adecuarse a un medio ambiente determinado, sobrevivir y dejar descendencia (Reed y Frankham 2003, Futuyma 2005).

La diversidad genética es importante en el mantenimiento de la diversidad biológica global, y con ello de los servicios y beneficios que proporciona a la humanidad, que van desde la implicación económica hasta el mantenimiento de la agricultura, la pesca y otras actividades relacionadas con la seguridad alimentaria (National Research Council 1999, Greer y Harvey 2004, Esquinas-Alcázar 2005, FAO 2011).

Por otra parte, basta revisar algunos datos sobre el Proyecto genoma humano, para comprender que la diversidad genética, en la biodiversidad, representa un enorme potencial de desarrollo; se estima que por cada dólar invertido (cerca de 10 mil millones dólares) en la obtención del genoma humano hubo un rendimiento de 141 dólares (Jiménez-Sánchez *et al.* 2011); dicho proyecto, motivado para resolver problemas de salud, mostró su utilidad práctica en actividades como agricultura, ganadería, energía y ambiente. Los avances tecnológicos consecuentes más importantes fueron los secuenciadores de última generación, mismos que se han desarrollado para abaratar costos, permitiendo acceder a genomas de organismos no modelo e investigar nuevas áreas biológicas, como el estudio de genomas antiguos, la caracterización de la diversidad ecológica y la identificación de agentes etiológicos, entre otras (Mardis 2008).

Un área de la investigación genómica es la metagenómica, que es el estudio de ADN genómico obtenido a partir de microorganismos que no pueden ser cultivados en el laboratorio. Ese estudio se ha extendido a campos tan diversos como la biorremediación (Uhlik *et al.* 2013), la estructura y función de la comunidad microbiana del suelo (Poisot *et al.* 2013), el estudio de los fondos marinos (Orsi *et al.* 2013), el desarrollo de biocombustibles y biocatalizadores (Wilson y Piel 2013, Wrighton *et al.* 2012). Esas investigaciones han mostrado la importancia de los estudios genómicos para valorar la riqueza de especies y genes existentes en la biodiversidad, destacando su importancia como factor transformador de una economía.

Revisar las investigaciones muestra que existen pocos estudios genómicos en el estado, uno de ellos es el del aguacate, realizado para conocer los genes que se expresan en el mesocarpo de dicho fruto (López-Gómez *et al.* 2007); otro es sobre la obtención de secuencias genómicas mediante secuenciación masiva de última generación en algunas especies de peces de agua dulce (el charal *Chirostoma humboldtianum*; Barriga-Sosa *et al.* 2014, y la pintada *Xenotoca variata*; datos no publicados), para generar marcadores moleculares y ensamblar genomas mitocondriales, con la intención de realizar investigaciones en genética de poblaciones y evolución.

Otro ejemplo es la conformación de bancos de semillas de especies con potencial agrícola, para obtener recursos genéticos hacia futuros retos ambientales o alimentarios. A través de la SAGARPA se ha contribuido a preservar la riqueza genética del país, de América Latina y de otras regiones del mundo, eso a través del Centro Nacional de Recursos Genéticos en Tepatitlán, Jalisco (INIFAP 2012); sin embargo, en la entidad no existen bancos genéticos y es indispensable constituirlos, y para ello se debe conocer la diversidad y estructura genética de las poblaciones o especies, ya que su valor dependerá de la diversidad genética ahí resguardada (véase Genética de la restauración en bosques templados, en esta obra).

Asimismo, en programas de reintroducción o reforzamiento de especies de importancia comercial o de conservación, es necesario conocer el grado de similitud de poblaciones de una misma especie, incluso el nivel de variación genética de la población que se reintroduce y de la que se encuentra en el sitio, con el fin de tomar decisiones acerca de la población más apropiada para reforzar poblaciones objetivo, tanto para organismos silvestres como de granja (véase Genética de la restauración en bosques templados, en esta obra).

A su vez, conocer la variación genética entre especies y poblaciones es una herramienta vital en análisis forense, por ejemplo, para identificar el origen de tejidos, partes u organismos completos confiscados por tráfico de especies y aplicar la legislación correspondiente (García-Vázquez *et al.* 2009, Nielsen *et al.* 2012). En México existen pocos estudios dirigidos a esos objetivos, uno es el relativo al estatus de conservación de poblaciones nativas de la lobina negra en el noreste de México (García-De León *et al.* 2015); o el caso particular de estudios sobre grupos de especies mexicanas como las cactáceas y las tarántulas, para los cuales se han propuesto técnicas genéticas para identificar ejemplares de dichas especies protegidas (Petersen *et al.* 2007, Yesson *et al.* 2011).

GENÉTICA Y CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD

La clasificación de la diversidad biológica es la base de cualquier estudio, análisis y decisión en torno a su uso y conservación. Para conocer con qué recursos se cuenta y cómo deben gestionarse para un uso sustentable, es necesario catalogarlos en un sistema de clasifica-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ción basado en categorías taxonómicas (órdenes, familias, géneros, especies, subespecies, variedades, entre otras). En las ciencias biológicas la taxonomía sirve para nombrar y clasificar a los organismos, y permite proyectar la diversidad de forma sencilla, aunque existen sistemas de clasificación tradicionales o etnoclasificaciones capaces de distinguir la diversidad biológica en categorías muy finas; un ejemplo puede apreciarse entre los pueblos mazahua de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (Farfán *et al.* 2007) o con los purépechas del lago de Pátzcuaro (veáse Estudio de caso. Conocimiento etnomicológico de los macromicetos, en esta obra).

Tales sistemas de clasificación tienen limitaciones que impone la complejidad del mundo viviente. Dentro de esa complejidad, la genética de poblaciones, la filogeografía y la biología evolutiva han ayudado a determinar que el concepto de especie es más complejo de lo que consideran los diversos sistemas de clasificación, incluyendo aquellos que se basan en herramientas genéticas.

En el ámbito de la diversidad, la genética se ha desarrollado como una potente herramienta para la identificación, reconocimiento y descubrimiento de especies nuevas (véase Estudio de caso. El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces, en esta obra). En la actualidad existen iniciativas que tienen como finalidad identificar y descubrir nuevas especies utilizando secuencias de ADN, tal es el caso del Proyecto internacional de código de barras de la vida (http://barcoding.si.edu/dnabarcoding.htm; véase Estudio de caso. Evaluación de la diversidad de lepidópteros nocturnos utilizando código de barras de ADN, en esta obra).

Actualmente, la pregunta crucial radica en cómo usar la información genética para entender y evaluar la diversidad biológica. Se trata de una tarea compleja que requiere esfuerzos multidisciplinarios, porque existen individuos diferentes entre sí, pero que pertenecen a la misma especie. Ilustran dicha situación las poblaciones humanas, el jaguar y la pantera negra, el pez *Goodea atripinnis*, la tortuga negra y la tortuga verde (veáse Estudio de caso. Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra *Chelonia mydas*, en esta obra), poblaciones de especies en las cuales no hay duda de que las variantes pertenecen a la misma especie, pero con fuertes diferencias en sus caracteres corporales. Por otro lado, se tienen numerosos casos de especies morfológicamente similares o incluso indistinguibles entre sí, pero que debido a que se encuentran aisladas reproductiva y genéticamente deben ser consideradas especies diferentes. Esas situaciones se designan con el nombre de especies crípticas (véase Diversidad genética de helmintos parásitos de peces, en esta obra).

Desde el punto de vista de las políticas de conservación, en algunos países la protección legal se extiende a tres categorías taxonómicas: especies, subespecies y variedades (O'Brien 1994). Incluso, dada la complejidad para organizar la diversidad de la vida, han surgido conceptos como unidad operativa de conservación (UOC) y unidad evolutiva significativa (UES), conceptos que han sido incluso incorporados a la legislación ambiental de diversos países como una forma de identificar poblaciones genéticamente distintivas con fines de conservación, aunque su definición y operatividad no sean universalmente aceptados (Pennock y Dimmick 1997). Dichos conceptos asumen que la conservación como unidad puede garantizar la viabilidad de las poblaciones a largo plazo y su potencial evolutivo.

Los análisis genéticos moleculares son una herramienta poderosa capaz de distinguir a una población genéticamente diferente del resto, con lo que se puede poner especial atención desde el punto de vista de la conservación y el manejo (véase Estudio de caso. Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces, en esta obra). Incluso, con datos genéticos se puede discernir si debe asignarse a una población un nombre diferente al resto de las especies conocidas en el mundo, descubriéndose en ese momento una especie nueva (véase El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces, en esta obra).

¿CÓMO SE MIDE LA DIVERSIDAD GENÉTICA?

La cuantificación de la diversidad genética en poblaciones naturales ha sido uno de los principales retos de la biología evolutiva (Leffler *et al.* 2012). La variación fenotípica (en la forma, composición o función de estructuras corporales) puede proporcionar un indicio de la cantidad de variación genética que existe en una población, sin embargo, el ambiente puede afectar muchos rasgos fenotípicos y contribuir a incrementarla de forma considerable.

Afortunadamente, con los avances de la biología molecular, es cada vez más factible estudiar la variación genética de forma directa a nivel del ADN. Hoy se usan de manera rutinaria marcadores moleculares para hacer estimaciones de la diversidad genética en prácticamente cualquier organismo de interés (cuadros 1 y 2). Un marcador molecular es un *locus* (una posición específica en el ADN) que puede ser analizado de forma fácil en gran cantidad de individuos y que se considera representativo de los procesos evolutivos del genoma completo (Avise 1994).

Los marcadores moleculares son una herramienta útil para responder preguntas sobre la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, pero deben

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

usarse en combinación con otras aproximaciones, como los estudios ecológicos sobre la historia natural de los organismos. Como ejemplo de la utilidad de esa herramienta para la diferenciación de especies o identificación de nuevos registros, se pueden mencionar las investigaciones realizadas en alacranes, mariposas y peces, que se han llevado a cabo en la entidad michoacana y que se presentan en esta obra.

GENÉTICA Y CONSERVACIÓN

En la actualidad, se vive una crisis ambiental sin precedentes, tanto a escala local y regional (fragmentación y destrucción de hábitats, invasiones de especies exóticas, contaminación), como global (cambio climático por causas antropogénicas, agujero de la capa de ozono, crisis del agua, cambios en ciclos biogeoquímicos), que está afectando a multitud de especies y mermando la biodiversidad del planeta (véase Estudio de caso. Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas, en esta obra). Con un escaso presupuesto dedicado a la ciencia surgen diversos cuestionamientos para asumir acciones al respecto: ¿cómo priorizar acciones de conservación? y ¿qué tan importante es considerar a la diversidad genética en los planes de conservación?

El paradigma central de la biología de la conservación es preservar el potencial evolutivo de las especies y con ello las posibilidades de una especie o población de adaptarse y adecuarse a cambios en su entorno (Futuyma 2005). Considerando esa premisa, es posible percatarse que toda política de conservación debe contemplar el mantenimiento de la variabilidad genética, de no ser así la conservación está condenada al fracaso, lo que condena también a la humanidad a no contar en un futuro con especies clave por los servicios que proporcionan para el beneficio y desarrollo de las sociedades.

El uso de herramientas moleculares ha permitido la aplicación de conceptos de biología evolutiva en el manejo y conservación de los recursos naturales (Allendorf y Luikart 2007, Luikart *et al.* 2010, Lankau *et al.* 2011). En EUA y países europeos, en los que la conservación de la diversidad lleva un avance significativo en comparación con la desarrollada en México, la biología de la conservación tiene entre sus metas centrales aplicar los principios y conocimientos de la genética para contribuir a minimizar los riesgos de extinción y preservar la capacidad evolutiva de las especies (Frankham *et al.* 2002). Por ejemplo, las herramientas de la genética de la conservación permiten diagnosticar y prevenir el riesgo de pérdida de viabilidad en una determinada unidad de estudio, ésta puede ser en una o varias poblaciones, alguna categoría taxonómica infraespecífica o una especie, y particularmente en aquellas que se encuentran en peligro de extinción o amenazadas, ya que por lo general presentan niveles menores de diversidad genética en comparación con aquellas especies que no se encuentran en alguna categoría de riesgo (Palstra y Ruzzante 2008, Spielman *et al.* 2004). La pérdida de viabilidad indica que existe mayor probabilidad de extinción de la población o especie en un determinado lapso de tiempo, como resultado de la interacción de factores demográficos, genéticos y ambientales (Rocha y Gasca 2007; veáse Estudio de caso. Diversidad genética de los encinos (*Quercus* spp.), en esta obra; cuadro 3).

A nivel de especie, se ha propuesto utilizar la información de relaciones de parentesco entre especies (filogenética) como criterio para establecer prioridades de conservación (Faith 1996), lo que puede ser útil en la toma de decisiones para preservar la diversidad biológica (cuadro 1; véase Estudio de caso. Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces, en esta obra).

A nivel poblacional, la genética de la conservación es relevante en el contexto del cambio climático global contemporáneo. Procesos como la pérdida y fragmentación del hábitat y el cambio climático antropogénico ponen en riesgo la viabilidad de las poblaciones de numerosas especies, como ha sido documentado para especies de pinos y goodeidos presentes en la enti-

CUADRO 2. Definición de las medidas de variación genética usadas a partir de los marcadores moleculares.

Medida de variación	Definición
Diversidad génica	Es la proporción de *loci* polimórficos (es decir, variables) del total de *loci* estudiados. Un *locus* (vocablo en latín que significa lugar, el plural es *loci*), es una región específica del genoma de un organismo
Número de alelos por *locus*	Es el número de variantes (es decir, secuencias distintas de ADN) que pueden existir para cada *locus*
Heterocigosidad	Es la proporción de los individuos estudiados que tienen *loci* variables. Se dice que un individuo (diploide) es homocigoto para un *locus* dado cuando tiene dos alelos iguales y heterocigoto cuando tiene dos alelos distintos

Fuente: Futuyma 2005.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Procesos genéticos que contribuyen a disminuir la viabilidad poblacional.

Proceso	Descripción
Deriva génica	Es el cambio aleatorio en la frecuencia poblacional de los alelos en un *locus* de una generación a la siguiente. Resulta en la reducción de la variación genética con el paso del tiempo, hasta que para cada *locus* se pierden todos los alelos, excepto uno. La acción de la deriva génica es más rápida y marcada en las poblaciones pequeñas que en las grandes
Depresión por endogamia	Es la disminución en la adecuación promedio de los individuos en una población, resultado de la endogamia, es decir, del frecuente apareamiento entre individuos emparentados. La endogamia incrementa la probabilidad de que dos copias del mismo alelo recesivo deletéreo (letal) se encuentren juntas en los individuos, ocasionando que se exprese fenotípicamente el rasgo perjudicial
Depresión por exogamia	Es la reducción en la adecuación que ocurre por el cruzamiento entre individuos genéticamente diferentes, como pueden ser individuos que pertenecen a poblaciones adaptadas a condiciones ambientales distintas. La descendencia de tal cruza podría no estar bien adaptada a ninguno de los dos ambientes y por lo tanto mostrar menor adecuación

Fuente: Frankham *et al.* 2002.

dad (véase Estudio de caso. Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas, en esta obra). Por tal motivo, es necesario documentar los niveles y la distribución de la variación genética en las poblaciones o especies potencialmente vulnerables a tales procesos.

En esencia, se trata de estimar la variación genética de una especie y la forma en que se encuentra repartida entre las poblaciones, criterio que se utiliza para establecer prioridades de conservación. Distintos niveles de variación tienen diferentes implicaciones para las recomendaciones de manejo y conservación que deben tomarse en cuenta para cada caso particular, considerando asimismo otros aspectos de la biología y ecología del organismo en cuestión, así como factores de tipo socioeconómico que pueden limitar o impulsar el éxito de conservación de los organismos (Rocha y Gasca 2007; véase Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra *Chelonia mydas*, en esta obra).

RECURSOS GENÉTICOS Y DOMESTICACIÓN

En el análisis de la diversidad genética un lugar especial lo ocupa la agrobiodiversidad, que incluye la diversidad de organismos, microbios, plantas, animales domesticados o silvestres, y que es aprovechada a partir del entorno natural y de la originada a partir de procesos antropogénicos (Parra *et al.* 2010, FAO 2011, Aguirre-Dugua *et al.* 2012).

Los seres humanos han interactuado durante miles de años con el entorno natural y desarrollado diversas formas de manejo de la diversidad genética contenida en poblaciones de organismos específicos y sus ecosistemas.

Los estudios etnoecológicos, es decir, aquellos enfocados en analizar las relaciones entre el entorno natural y los pueblos tradicionales, aportan información sobre muchas especies de plantas, animales y microorganismos que las diversas culturas han utilizado a lo largo de su historia (Caballero *et al.* 1998), a través de diferentes prácticas que han buscado asegurar o aumentar la disponibilidad de los recursos, así como incrementar y diversificar su calidad. Existen diversas formas de crianza de plantas, animales, insectos o fermentos, entre las que se incluyen el manejo de organismos silvestres en contextos artificiales (p.e. la introducción de plantas silvestres en sistemas agroforestales o huertos, la crianza de abejas y peces silvestres bajo distintas técnicas; Reyes-González *et al.* 2014). A ese proceso se le denomina selección artificial; es la expresión básica del manejo empírico de la diversidad genética y opera año tras año, de acuerdo con cambios muy dinámicos y en contextos ecológicos, culturales y tecnológicos específicos. La condición de este proceso es la existencia de diversidad genética, expresada en atributos percibidos por las personas que ponen en práctica el proceso selectivo.

El resultado de la selección artificial es un proceso evolutivo conocido como domesticación, que actúa continuamente sobre características (morfológicas, fisiológicas y de comportamiento) que se heredan. Para algunas especies, como maíz, frijol y calabaza, la domesticación se inició hace varios miles de años y continúa aún operando. Para otras especies, como es el caso del agave utilizado en la producción de mezcal,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

el proceso se encuentra en etapas iniciales, y así de forma continua se incorporan nuevas especies al proceso de evolución bajo domesticación.

México, y particularmente el área conocida como Mesoamérica, ha sido relevante en la historia de la domesticación de plantas. Los estudios de MacNeish (1967) en el valle de Tehuacán, y los de Flannery (1986) en Guilá Naquitz, Oaxaca, permitieron identificar a México como uno de los principales centros de origen de la agricultura y de la domesticación de plantas. La historia de la domesticación en México es de cerca de 10 mil años, mientras que la historia de los procesos evolutivos naturales es del orden de cientos de miles o millones de años, de manera que los grandes reservorios de diversidad genética se encuentran en las poblaciones silvestres.

Michoacán ha sido escenario de domesticación desde etapas tempranas a la ocupación humana del territorio. Especies como el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*) y calabaza (*Cucurbita moschata*), tienen representados sus parientes silvestres en diversos ecosistemas michoacanos. Así, en las partes altas de la meseta Purépecha, en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, es posible encontrar importantes poblaciones del teocintle *Zea mays* subsp. *mexicana*, mientras que en la región de la cuenca del río Balsas, en la provincia fisiográfica Depresión del Balsas-Tepalcatepec, se encuentra el teocintle *Zea mays* subsp. *parviglumis*; los dos parientes silvestres más cercanos del maíz (particularmente esta última especie). Ambos interactúan con las poblaciones manejadas, de manera que continuamente enriquecen su diversidad genética y permiten el mantenimiento de los procesos artificiales de diversificación.

En el caso de magueyes como *Agave inaequidens* y *A. hookeri*, los cuales fueron importante fuente de alimento desde la prehistoria y hoy en día se utilizan en la industria del mezcal, es importante identificar, caracterizar y proteger dichos recursos genéticos de importancia regional. Realizar el diagnóstico del estado de la diversidad e interacciones genéticas entre las poblaciones silvestres y manejadas, así como documentar la experiencia de manejo que existe en la región, es información útil para potenciar el aprovechamiento de tan importantes recursos.

AMENAZAS A LA DIVERSIDAD GENÉTICA

El desconocimiento de la diversidad biológica y genética es una de las amenazas que están presentes en la mayoría de las regiones del mundo, así como la introducción de especies, la fragmentación, la destrucción del hábitat y la hibridación, entre muchas otras.

Hibridación e introducción de especies

A pesar de que diversos estudios mencionan que la hibridación es un fenómeno natural que se presenta de forma uniforme a través de todo el reino animal, también es frecuente la reproducción entre especies introducidas y nativas estrechamente relacionadas (Schwenk *et al.* 2008), lo cual puede ser un factor de amenaza importante para la conservación de la diversidad genética, sobre todo para plantas, aunque se reporta cada vez con mayor frecuencia en animales (Simberloff 2001).

Cuando la hibridación ocurre en especies raras o en peligro de extinción puede considerarse una fuente de extinción *per se* (Cucherousset y Olden 2011, Puigcerver *et al.* 2013). Así, la extinción de una especie ocurre no por la desaparición del material genético de la especie rara o amenazada, sino por la incorporación del acervo genético de la especie intrusa, en ese momento la especie amenazada u original desaparece como especie válida, lo cual ha sido llamada extinción genética.

Otro problema es la depresión genética por exogamia, es decir, que al reproducirse dos grupos de individuos de una misma especie, los silvestres y la especie introducida, la poca diversidad genética que normalmente tienen las poblaciones introducidas reduce la diversidad de las poblaciones silvestres, haciéndolas más vulnerables a los cambios en el ambiente.

Si bien el estudio de la hibridación, que ocurre de manera natural, ha permitido obtener valiosa información para comprender procesos más complejos como la especiación, la formación de zonas híbridas y la adaptación de los seres vivos (Harrison 1993), se sabe poco de los efectos reales o de la situación actual de la hibridación por procesos no naturales, persistiendo preguntas aun sin respuesta, como las consecuencias de la hibridación entre organismos genéticamente modificados y sus congéneres silvestres, o bien, en qué medida la hibridación determina el destino de las especies amenazadas o en peligro de extinción.

Fragmentación

La fragmentación del hábitat es otra de las amenazas contemporáneas a la viabilidad genética de las poblaciones de gran número de plantas y animales (Saunders *et al.* 1991, Young *et al.* 1996, Walther *et al.* 2002). Ocurre como resultado del cambio de uso del suelo, modificación y aislamiento artificial de cuerpos de agua, lo cual conlleva a la creación de un mosaico de tierras de cultivo y pastoreo, ciudades, carreteras, presas, áreas contaminadas y otras áreas de uso antropogénico que se mezclan con algunos parches del hábitat original. Como resultado de ese proceso, las poblaciones naturales de los organismos que se encuentran en los parches de hábitat original experimentan aislamiento genético (los

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

individuos, polen o semillas, no logran desplazarse de un parche de hábitat a otro, ya que las áreas de uso antropogénico funcionan como barreras que impiden el desplazamiento físico y por lo tanto del material genético). Esta disminución en el flujo de genes tiene como consecuencia mayor probabilidad de pérdida de variación genética en las poblaciones, como resultado del incremento en la deriva génica y en los niveles de endogamia (cuadro 3; véase Estudio de caso. Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas, en esta obra).

Recientemente, se analizó la variación genética de las poblaciones del encino (*Quercus castanea*) en un paisaje muy fragmentado de la cuenca de Cuitzeo, dentro del Sistema Volcánico Transversal (Herrera-Arroyo *et al.* 2013). Los resultados de ese estudio mostraron que la nueva generación de individuos (es decir, las plántulas) en las poblaciones de *Q. castanea* mostraban indicios de pérdida de variación genética con respecto a los individuos adultos, sobre todo en los fragmentos de bosque más pequeños, lo cual puede tener consecuencias a largo plazo sobre la viabilidad de dicha especie en la región.

Subvaloración de la riqueza genética

Michoacán es el primer estado del país que publicó un libro sobre su biodiversidad y el primero que está realizando la actualización del mismo. Estos estudios han permitido difundir el conocimiento de las más de 12 900 especies de flora y fauna en el estado, ubicándolo en quinto lugar entre las entidades biológicamente más ricas del país. Cerca de 250 especies que se distribuyen en el estado son endémicas de Michoacán, además de presentarse gran variedad de ecosistemas, por lo que es posible prever un enorme potencial genómico. Los compromisos para conocer, manejar y conservar la diversidad genética de ese acervo biológico deben ser congruentes con los avances tecnológicos ya disponibles, como los secuenciadores de última generación o la capacidad de analizar datos masivos cada vez más grandes que permitan desarrollar los potenciales usos de esa diversidad. Se trata de una pieza estratégica clave para potenciar el desarrollo económico del estado y para proteger el conocimiento que han generado sus pueblos tradicionales a lo largo de milenios; de otro modo, importantes recursos bióticos –como las especies que han sido listadas en alguna categoría de riesgo (262 especies de animales, 131 de plantas y 21 de hongos) o especies emblemáticas como los pescados blancos, los goodeidos, el aguacate, el teocintle y todas las especies animales y vegetales que no han sido evaluadas pero que podrían tener un potencial biotecnológico real– están en peligro de perder su valor actual y potencial debido simplemente a su desconocimiento.

México representa uno de los centros mundiales en diversidad natural, cultural y agrícola (CONABIO 2008), y aunque se han hecho esfuerzos importantes para valorar la diversidad genética, han sido aislados (Piñero *et al.* 2008), por lo que es pertinente consolidar una infraestructura acorde al reto de evaluar genéticamente la megadiversidad del país.

México también es uno de los países más socorridos por empresas biotecnológicas (Diversa, Novartis, Savia, Monsanto, Dupont, Glaxo Wellcome, Shaman Pharmaceuticals, entre otras; Tarrío-García *et al.* 2004) en busca de recursos genéticos y los conocimientos asociados a ellos, por lo que no es ocioso pensar que la brecha entre la bioprospección (investigación sobre la diversidad biológica con valor comercial) y la biopiratería (investigación sobre la diversidad biológica con valor comercial sin control y sin regulación) se acorte de forma alarmante. Efectivamente, con el advenimiento de secuenciadores cada vez más sofisticados y baratos para secuenciar genomas de todo tipo, y los minúsculos requerimientos de tejidos que pueden salir del país de forma ilegal y desapercibida, estas predicciones no son irreales. Por ejemplo, en la página de la red Genoma OnLine Data Base (base de datos de genomas en línea, GOLD por sus siglas en inglés, http://www.genomesonline.org/) se encuentran especies de peces de agua dulce mexicanos nativos (*Xiphophorus* spp., *Poecilia* spp., *Astyanax mexicanus*) que se están secuenciando; el interés, al menos en *Xiphophorus* sp., consiste en su uso para estudios de cáncer en humanos.

CONCLUSIONES

El conocimiento de la diversidad genética es un agente transformador, donde la información (genómica de la biodiversidad) se vuelve conocimiento y éste se convierte en aplicaciones. En los países desarrollados tal conocimiento genera valor y riqueza, impactando a la economía global y posicionando el conocimiento de los genes como un motor para la competitividad y el desarrollo sustentable.

Michoacán y todo México se encuentran alarmantemente atrasados en el monitoreo, diagnóstico y conformación de bases de datos genómicos del capital nacional que permitan su utilización para la apropiación de los recursos genéticos y el desencadenamiento de un verdadero crecimiento económico, en un mundo globalizado donde impera la economía del conocimiento. Está claro que ya no es posible postergar la adquisición de conocimiento sobre la diversidad genómica de las especies, en esta época en que los avances en esa disciplina son una realidad y están cada vez más accesibles. El riesgo de no hacerlo es subvalorar los recursos bióticos y permitir el acceso al conocimiento

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

genómico a aquellos que invierten en estos temas para generar riqueza económica. Por ejemplo, sería fundamental la creación de un banco de germoplasma regional en el que se almacenaran semillas o gametos de organismos potencialmente útiles y en peligro de extinción de Michoacán. De la misma manera, es importante documentar la experiencia y el estado de la variabilidad genética de numerosas especies de flora y fauna silvestres cuya importancia es limitada a contextos locales, pero sobre las cuales existe una experiencia de manejo.

Los estudios genéticos a nivel intraespecífico, es decir, entre los individuos de una misma especie, proporcionan un método eficaz para identificar aquellas poblaciones o grupos de poblaciones que deben ser objetivos prioritarios de conservación. Cualquier estrategia de conservación y manejo que ignore la existencia de estas unidades "distintivas" tiene un alto riesgo de extinción local para poblaciones genéticamente diferenciadas y, por lo tanto la pérdida de diversidad genética necesaria para la subsistencia de las especies, a largo plazo.

REFERENCIAS

Aguirre-Dugua, X., L.E. Eguiarte, A. González-Rodríguez y A. Casas. 2012. Round and large: morphological and genetic consequences of artificial selection on the gourd tree *Crescentia cujete* by the Maya of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Annals of Botany* 109:1297-1306.

Allendorf, F.W. y G. Luikart. 2007. *Conservation and the genetics of populations.* Blackwell Publishing, Reino Unido.

Avise, J.C. 1994. *Molecular markers, natural history and evolution.* Sinauer Associates Inc., EUA.

Barriga-Sosa, I.D., F.J. García de León y M.A. del Río-Portilla. 2014. The complete mitochondrial DNA of the endemic shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835). *Mitochondrial DNA* 4:1-2.

Caballero, J., A. Casas, L. Cortés y C. Mapes. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Revista de Estudios Atacameños* 16:181-196.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México, vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México.

Cucherousset, J. y J.D. Olden. 2011. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. *Fisheries* 36(5):215-230.

Esquinas-Alcázar, J. 2005. Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics* 6:946-953.

Faith, D.P. 1996. Conservation priorities and phylogenetic pattern. *Conservation Biology* 10:1286-1289.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. *Biodiversity for food and agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world.* FAO, Roma.

Farfán, B., A. Casas, G. Ibarra-Manríquez y E. Pérez-Negrón. 2007. Mazahua ethnobotany and subsistence in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* 61:173-191.

Flannery, K.V. (ed). 1986. *Guilá Naquitz: archaic foraging and early agriculture in Oaxaca, Mexico.* Academic Press, EUA.

Frankham, R., D.A. Briscoe y J.D. Ballou. 2002. *Introduction to conservation genetics.* Cambridge University Press, Nueva York.

Futuyma, D.J. 2005. *Evolution.* Sinauer Associates, Massachusetts.

García-De León, F.J., R.I. Rodríguez Martínez y D.A. Hendrickson. 2015. Genetic analysis and conservation status of native populations of largemouth bass in northeastern Mexico. En: *Black bass diversity: multidisciplinary science for conservation.* M.D. Tringali, J.M. Long, T.W. Birdsong y M.S. Allent (eds.). American Fishery Society, EUA, pp. 635-657.

García-Vázquez, E., J.L. Horreo, D. Campo *et al.* 2009. Mislabeling of commercial North American hake suggests underreported exploitation of *Merluccius albidus. Transactions of the American Fisheries Society* 138:790-796.

Gautschi, B., A. Widmer, J. Joshi y J.C. Koella. 2002. Increased frequency of scale anomalies and loss of genetic variation in serially bottlenecked populations of the dice snake, *Natrix tessellata. Conservation Genetics* 3:235-245.

Greer, D. y B. Harvey. 2004. *Blue genes: sharing and conserving the world's aquatic biodiversity.* Earthscan and the International Development Research Centre, Canadá.

Harrison, R.G. 1993. *Hybrid zones and the evolutionary process.* Oxford University Press, EUA.

Hartl, D.L y A.G. Clark. 2007. *Principles of population genetics.* Sinauer Associates, Massachusetts.

Herrera-Arroyo, M.L., V.L. Sork, A. González-Rodríguez *et al.* 2013. Seed-mediated connectivity among fragmented populations of *Quercus castanea* (Fagaceae) in a Mexican landscape. *American Journal of Botany* 100:1663-1671.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2012. *Boletín informativo para la comunidad del INIFAP* 5:1-6.

Jiménez-Sánchez, G., J. Frenk y G. Soberón. 2011. El poder transformador de la genómica en la economía global. *EstePaís. Sección Bioeconomía* 244:36-44.

Lankau, R., P.S. Jorgensen, D.J. Harris y A. Sih. 2011. Incorporating evolutionary principles into environmental management and policy. *Evolutionary Applications* 4:315-325.

Leffler, E.M., K. Bullaughey, D.R. Matute *et al.* 2012. Revisiting an old riddle: what determines genetic diversity levels within species? *PLOS Biology* e1001388.

Lewin, B. 2005. *Essential Genes.* Pearson, EUA.

López-Gómez, R., Y. Torres-Cárdenas, M. Chávez-Moctezuma *et al.* 2007. Genomics of avocado criollo fruit *Persea americana* Mill. var. *drymifolia.* En: *Proceedings of 6th world avocado congress (Sect. Biotechnology).* Viña del Mar.

Luikart, G., N. Ryman, D.A. Tallmon *et al.* 2010. Estimation of census and effective population sizes: the increasing usefulness of DNA-based approaches. *Conservation Genetics* 11:355-373.

MacNeish, R.S. 1967. A summary of the subsistence. En: *The prehistory of the Tehuacán Valley.* D.S. Byers (ed.) University of Texas Press, EUA, pp. 290-331.

Mardis, E.R. 2008. Next-generation DNA sequencing methods. *Annual Review in Genomics and Human Genetetics* 9:387-402.

National Research Council. 1999. *Perspectives on biodiversity: valuing its role in an everchanging world.* The National Academies Press, Washington.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Nielsen, E.E., A. Cariani, E. Mac Aoidh *et al.* 2012. Gene-associated markers provide tools for tackling illegal fishing and false eco-certification. *Nature Communications* 3:851.

O'Brien, S.J. 1994. A role for molecular genetics in biological conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91:5748-5755.

Orsi, W.D., V.P. Edgcomb, G.D. Christman y J.F. Biddle. 2013. Gene expression in the deep biosphere. *Nature* 499:205-208.

Palstra, F.P. y D.E. Ruzzante. 2008. Genetic estimates of contemporary effective population size: what can they tell us about the importance of genetic stochasticity for wild population persistence? *Molecular Ecology* 17:3428-3447.

Parra, F., A. Casas, J.M. Peñaloza-Ramírez *et al.* 2010. Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, Mexico. *Annals of Botany* 106:483-496.

Pennock, D.S. y W.W. Dimmick. 1997. Critique of the evolutionarily significant unit as a definition for "distinct population segments" under the U.S. Endangered Species Act. *Conservation Biology* 11:611-619.

Petersen, S.D., T. Mason, S. Akber *et al.* 2007. Species identification of tarantulas using exuviae for international wildlife law enforcement. *Conservation Genetics* 8:497-502.

Piñero, D., A. Barahona, L. Eguiarte *et al.* 2008. La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México. En: *Capital natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México, pp. 415-435.

Poisot, T., B. Pequin y D. Gravel. 2013. High-throughput sequencing: a roadmap toward community ecology. *Ecology and Evolution* 3:1125-1139.

Puigcerver, M., I. Sánchez-Donoso e I.C. Vilà. 2013. Hybridization between the common quail (*Coturnix coturnix*) and farm-reared quails: state of the art of a conservation problem. *Ecosistemas* 22(2):48-53.

Reed, D.H. y R. Frankham. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology* 17:230-237.

Reyes-González, A., A. Camou-Guerrero, O. Reyes-Salas *et al.* 2014. Diversity, local knowledge and use of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the municipality of Nocupétaro, Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:47.

Rocha, M. y J. Gasca. 2007. Ecología molecular de la conservación. En: *Ecología Molecular.* L. Eguiarte, V. Souza y X. Aguirre (eds.). SEMARNAT/INE/UNAM/CONABIO, México.

Saunders, D.A., R.J. Hobbs y C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:118-32.

Schwenk, K., N. Brede y B. Streit. 2008. Introduction. Extent, processes and evolutionary impact of interspecific hybridization in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363:2805-2811.

Simberloff, D. 2001. Biological invasions-how are they affecting us, and what can we do about them? *Western North American Naturalist* 61:308-315.

Spielman, D., B.W. Brook, D.A. Briscoe y R. Frankham. 2004. Does inbreeding and loss of genetic diversity decrease disease resistance? *Conservation Genetics* 5:439-448.

Tarrío-García, M., L. Concheiro Bórquez y S. Combonu Salinas. 2004. Chiapas: un análisis sobre los nuevos caminos de la conquista biológica. *Estudios Sociales. Universidad de Sonora* 12(24):56-89.

Uhlik, O., M.C. Leewis, M. Strejcek *et al.* 2013. Stable isotope probing in the metagenomics era: a bridge towards improved bioremediation. *Biotechnology Advances* 31:154-165.

Walther, G.R., E. Post, P. Convey *et al.* 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395.

Wilson, M.C. y J. Piel. 2013. Metagenomic approaches for exploiting uncultivated bacteria as a resource for novel biosynthetic enzymology. *Chemistry & Biology* 20(5): 636-647.

Wrighton, K.C., B.C. Thomas, I. Sharol *et al.* 2012. Fermentation, hydrogen, and sulfur metabolism in multiple uncultivated bacterial phyla. *Science* 337:1661-1665.

Yesson, C., R.T. Bárcenas, H.M. Hernández *et al.* 2011. DNA barcodes for mexican cactaceae, plants under pressure from wild collecting. *Molecular Ecology Resources* 11: 775-783.

Young, A., T. Boyle y T. Brown. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution* 11:413-418.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Variación genética altitudinal entre poblaciones de especies forestales

CUAUHTÉMOC SÁENZ ROMERO

INTRODUCCIÓN

Una parte importante del territorio del país, y en particular de Michoacán, está cubierto por cadenas montañosas, como el Eje Neovolcánico Transversal, las sierras Madre Occidental y del Sur, que mantienen gran variedad de especies de coníferas, las cuales en algunas regiones están bajo presión por actividades antropogénicas (p.e. cambio de uso del suelo de forestal a huertas de aguacate). Además, el cambio climático representa una nueva amenaza para los recursos forestales, ya que inducirá una declinación forestal al desacoplar las poblaciones naturales del clima para el cual están adaptadas (Allen *et al.* 2010, Rehfeldt *et al.* 2012). En ese contexto, es importante el estudio de la diferenciación genética entre poblaciones de especies forestales a lo largo de gradientes altitudinales, ya que de no considerarse la adaptación genética de las poblaciones a sus sitios, se corre el riesgo de reforestar zonas con especies y procedencias (origen geográfico de una semilla) que no están adaptadas a las condiciones climáticas del lugar, lo que puede resultar en una elevada mortandad de plantas por heladas o sequías, o bien que éstas crezcan menos de lo que podrían (Sáenz-Romero y Lindig-Cisneros 2004). Por ello, se han llevado a cabo una serie de ensayos de especies y procedencias en la región de Nuevo San Juan Parangaricutiro y Pico de Tancítaro, Michoacán, en el Sistema Volcánico Transversal, para entender los patrones de diferenciación genética entre poblaciones de especies forestales, a lo largo de gradientes ambientales, a fin de generar recomendaciones de manejo del germoplasma que mejoren el crecimiento y sobrevivencia de reforestaciones, buscando además una adaptación al cambio climático.

DIFERENCIACIÓN GENÉTICA ENTRE POBLACIONES

Las poblaciones de especies forestales, como son las coníferas (pinos y oyamel), se han adaptado a las condiciones ambientales de los sitios en los que crecen. Esa adaptación ha ocurrido a través de procesos evolutivos, a nivel de especie y de poblaciones.

Las poblaciones de especies de amplia o relativamente amplia distribución, como *Pseudotsuga menziesii* en Canadá, *Pinus oocarpa* en EUA y *P. pseudostrobus* en México, es común que se diferencien genéticamente para adaptarse a las condiciones de clima y de suelo de los sitios en los que crecen, lo cual les permite ocupar una variedad de hábitats (Millar y Libby 1991). La diferenciación genética entre poblaciones significa que poblaciones de la misma especie pueden ser parcialmente diferentes en varios caracteres que les permiten sobrevivir, crecer, competir y reproducirse con éxito en un ambiente determinado. Ejemplo de esos caracteres adaptativos son la dinámica y elongación de la yema principal de las plántulas y la resistencia a sequía y a heladas, entre otros; lo que en ensayos de procedencia muestra diferencias significativas entre poblaciones, aún cuando crezcan en un mismo ambiente (Viveros-Viveros *et al.* 2007, 2009).

La diferenciación genética entre poblaciones de la misma especie es evidente en regiones montañosas, en donde hay grandes disimilitudes climáticas entre las partes altas y las bajas de las montañas. Esa diferenciación consiste en que plantas originadas de semillas colectadas en poblaciones ubicadas a menor altitud tienen mayor potencial de crecimiento (medido como altura de la planta o biomasa acumulada), por estar genéticamente condicionadas a aprovechar al máximo las condiciones favorables de temperaturas que ocurren a bajas altitudes. En contraste, plantas originadas de semillas de poblaciones distribuidas en zonas a mayor altitud, crecen menos en altura (sus yemas elongan menos durante la temporada de crecimiento), la acumulación de biomasa es menor, pero son más resistentes a heladas, como una estrategia conservadora de crecimiento para evadir el daño por heladas (que son comunes a elevadas altitudes); esa evasión del daño se logra mediante el cese del crecimiento de sus yemas con mucha anticipación al invierno, y un reinicio tardío después del invierno (Rehfeldt 1988).

En resumen, las plantas originadas de poblaciones de elevadas altitudes están genéticamente condicionadas a crecer menos, pero son más resistentes a heladas, lo contrario ocurre para aquellas de poblaciones de baja altitud, que crecen más pero son más susceptibles al daño por heladas.

Sáenz-Romero, C. 2019. Variación genética altitudinal entre poblaciones de especies forestales. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 31-34.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

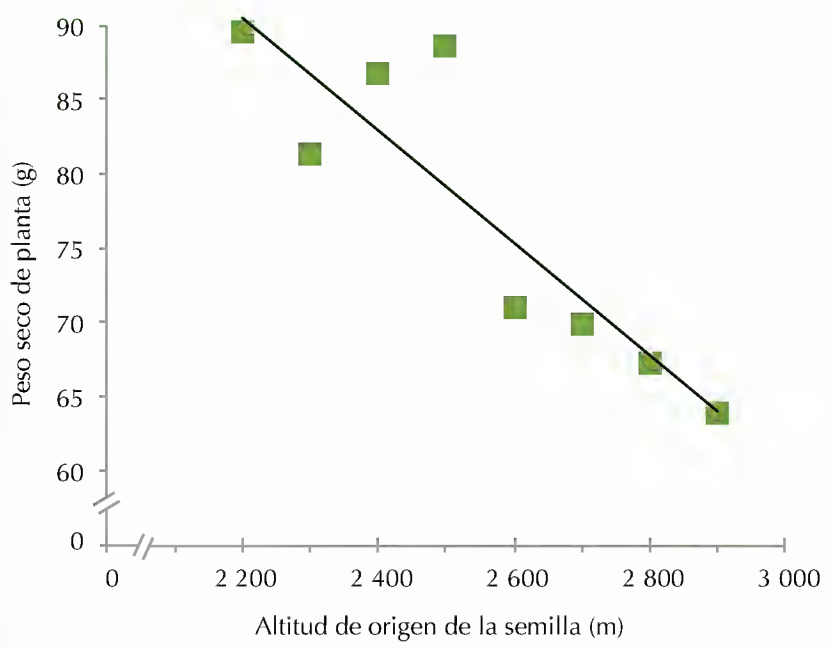


FIGURA 1. Peso seco de *Pinus pseudostrobus*, plantas originadas de semillas colectadas de ocho poblaciones a lo largo de un transecto altitudinal (2 200 a 2 900 m) en Nuevo San Juan Parangaricutiro, creciendo en un mismo ambiente (ensayo de procedencias en una cama elevada de crecimiento) en Morelia. Fuente: modificado de Sáenz-Romero *et al.* 2012*c*.

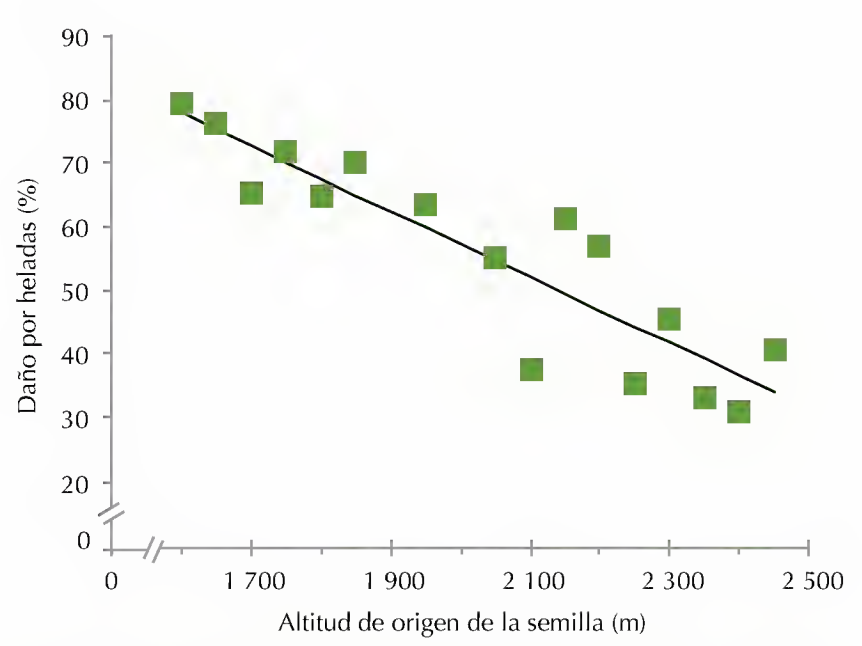


FIGURA 2. Porcentaje de daño por heladas (-9 °C en prueba de laboratorio) en fascículos (hojas) colectados de plantas de 2.5 años de edad de *Pinus devoniana* (= *P. michoacana*). Las plantas se originaron de poblaciones colectadas en un transecto altitudinal (1 600 a 2 450 m, en la región de Tumbisca, San Miguel del Monte), pero crecieron en un mismo ambiente (ensayo de procedencias en una cama elevada de crecimiento, ensayo de jardín común) cerca de Morelia. Fuente: modificado de Sáenz-Romero y Tapia-Olivares 2008.

Lo anterior se observa en plantas de dos años de *P. pseudostrobus* originadas de poblaciones distribuidas a distintas altitudes en las montañas cercanas al volcán Paricutín, cuya biomasa acumulada (medida en peso seco) fue mayor en plantas de elevaciones menores y viceversa (Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*; figura 1).

También se observan esas diferencias en la magnitud del daño infringido por bajas temperaturas en acículas de plantas de *P. devoniana* (= *P. michoacana*), originadas de poblaciones que crecen a distintas altitudes en San Miguel del Monte y Tumbisca, al sur de Morelia (Sáenz-Romero y Tapia-Olivares 2008; figura 2). En ambos ejemplos las plantas crecieron en un ensayo de procedencias en un solo ambiente.

Este patrón de adaptación también se puede observar entre especies, y no sólo entre poblaciones de la misma especie. Por ejemplo, se realizó un ensayo de campo a 2 900 m de altitud en Cerro de Pario, Nuevo San Juan Parangaricutiro, con tres especies de pinos de diferentes procedencias (Viveros-Viveros *et al.* 2007).

Las plantas de *Pinus hartwegii* originadas de semillas de poblaciones de la sierra norte de Puebla (a más de 3 000 m de altitud) crecieron muy poco, pero no tuvieron daño por heladas, mientras que plantas de *P. psedostrobus* originadas de cinco procedencias en Michoacán (Nuevo San Juan Parangaricutiro, Pátzcuaro, Ciudad Hidalgo, Zimapán y Coalcomán), tuvieron en promedio mucho más crecimiento, pero mayor daño por heladas (figura 3). Por su parte, las plantas de *P. montezumae* y de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* tuvieron un crecimiento y daño por heladas intermedio.

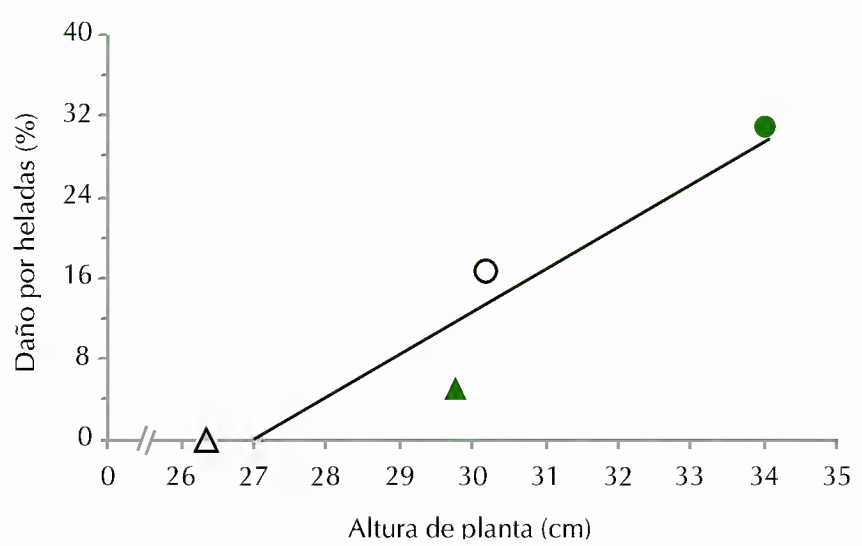


FIGURA 3. Relación entre porcentaje de daño por heladas y crecimiento, expresado como altura de planta. *Pinus pseudostrobus var. pseudostrobus* (●), *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* (○), *Pinus montezumae* (▲) y *Pinus hartwegii* (Δ). Ensayo de especies, variedades y procedencias en campo (establecido a 2 900 m de altitud en Nuevo San Juan Parangaricutiro) con plantas de 15 meses de edad. Fuente: modificado de Viveros-Viveros *et al.* 2007.

Cabe mencionar que no siempre las plantas originadas de semillas de menor altitud son las de mayor potencial de crecimiento. En ocasiones las poblaciones con mayor potencial de crecimiento son las de la parte media de la distribución altitudinal, ya que crecen en un sitio con un clima óptimo o cercano al óptimo para la especie, como es el caso de *Pinus oocarpa* en las cercanías de Uruapan. En esa región las plantas originadas de poblaciones del extremo altitudinal inferior

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

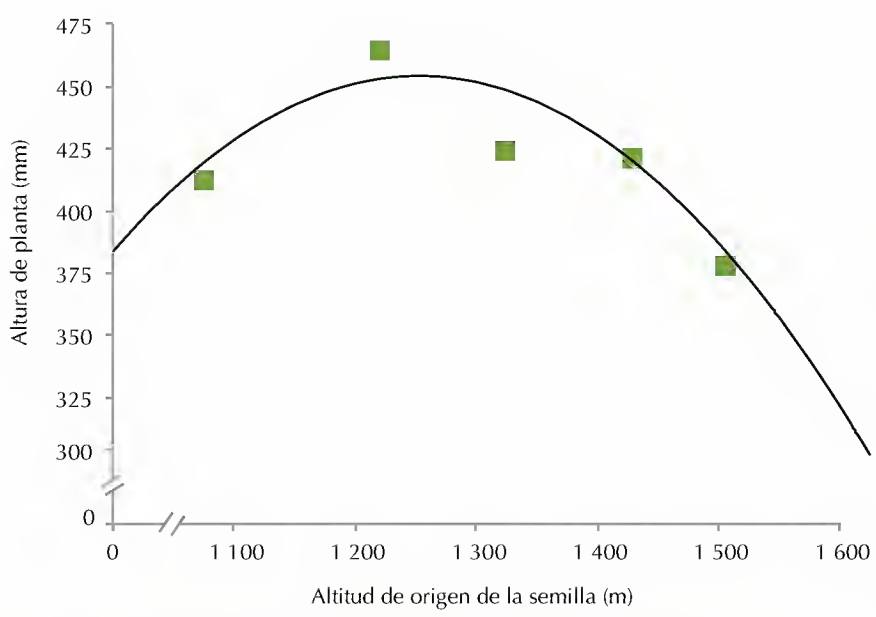


FIGURA 4. Alturas de *Pinus oocarpa* (2.5 años de edad) originadas de semillas colectadas a distintas altitudes y ensayadas en un sólo sitio de campo en Cuarayo, Ario de Rosales. Fuente: modificado de Sáenz-Romero *et al.* 2006.

están genéticamente condicionadas a crecer menos, parece ser que como un mecanismo genéticamente controlado de evasión a los daños por sequía (1 600 m de altitud es el límite inferior de bosques de pino-encino, colindante con selva baja caducifolia), mientras que plantas originadas del extremo altitudinal superior de *P. oocarpa* también crecen menos, aunque parece ser que para evadir daños por bajas temperaturas (Sáenz-Romero *et al.* 2006; figura 4).

DESACOPLAMIENTO ENTRE POBLACIONES Y EL CLIMA

El cambio climático que ya está en curso creará un empobrecimiento de las comunidades vegetales, ya que generará una masiva declinación forestal (Allen *et al.* 2010, Rehfeldt *et al.* 2012). Eso se debe a que el incremento de la temperatura y, en el caso de México, el decremento de la precipitación, generarán un desacoplamiento (desfasamiento) entre las poblaciones de especies forestales y el clima para el cual están adaptadas. En otras palabras, el clima al cual las poblaciones se han adaptado, a través de un largo proceso evolutivo ocurrirá en un lugar diferente a los sitios hoy ocupados por las poblaciones adaptadas, o simplemente desaparecerá (Sáenz-Romero *et al.* 2010, 2012*a*; Rehfeldt *et al.* 2012).

En el caso de las regiones montañosas, el clima propicio para una población ocurrirá a mayor altitud. Por ejemplo, el clima propicio para una población natural de *Pinus hartwegii* en Pico de Tancítaro ocurrirá a 400 m de mayor altitud (Loya-Rebollar *et al.* 2013), y para una población de *Abies religiosa* (oyamel), actualmente dentro de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, ocurrirá a 275 m de mayor altitud (Sáenz-Romero *et al.* 2012*b*); en ambos casos se trata de predicciones para el año 2030.

El desacoplamiento entre las características adaptativas de las poblaciones forestales de Michoacán, y el clima para el cual están adaptadas, creará estrés fisiológico debido al incremento gradual de la temperatura y la disminución de la precipitación. Para evitar que tal estrés induzca un decaimiento de las poblaciones naturales (defoliación, debilitamiento, susceptibilidad a ataques de plagas y enfermedades naturales, y eventualmente la muerte de los individuos), será necesario realinear las poblaciones al clima que les es propicio. Ello requerirá realizar una migración asistida, que consiste en colectar las semillas de las poblaciones actuales, producir las plantas en vivero y reforestar en sitios en donde ocurrirá el clima al cual las poblaciones que sirvieron como fuente de semilla están adaptadas; es decir, ya no se recomendaría reforestar con planta originada de semilla local, sino con planta originada de una procedencia o especie adaptada al clima que ocurrirá en el sitio a reforestar (Alfaro *et al.* 2014).

Es importante que el clima al que se pretenda reacoplar las poblaciones forestales no ocurra en un horizonte de tiempo demasiado lejano, ya que las plantas serían severamente dañadas (paradójicamente) por heladas en el presente. Se sugiere realinear al clima predicho para el 2030, como un intento de tener árboles sanos en el futuro (Sáenz-Romero *et al.* 2012*b*, Alfaro *et al.* 2014) y con ello, intentar mantener la magnífica biodiversidad de Michoacán.

REFERENCIAS

Alfaro, R.I., B. Fady, G.G. Vendraminc *et al.* 2014. The role of forest genetic resources in responding to biotic and abiotic factors in the context of anthropogenic climate change. *Forest Ecology and Management* 333:76-87.

Allen, C.D., A.K. Macalady, H. Chenchouni *et al.* 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259(4):660-684.

Loya-Rebollar, E., C. Sáenz-Romero, R.A. Lindig-Cisneros *et al.* 2013. Clinal variation in *Pinus hartwegii* populations and its application for adaptation to climate change. *Silvae Genetica* 62(3):86-95.

Millar, C.I. y W.J. Libby. 1991. Strategies for conserving clinal, ecotipic, and disjunct population diversity in widespread species. En: *Genetics and conservation of rare plants*. D.A. Falk y K.E. Holsinger (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 149-170.

Rehfeldt, G.E. 1988. Ecological genetics of *Pinus contorta* from the Rocky Mountains (EUA): a synthesis. *Silvae Genetica* 37:31-135.

Rehfeldt, G.E., N.L. Crookston, C. Sáenz-Romero y E.M. Campbell. 2012. North American vegetation model for land-use planning in a changing climate: a solution to large classification problems. *Ecological Applications* 22(1):119-141.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sáenz-Romero, C. y R. Lindig-Cisneros. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 37:107-122.

Sáenz-Romero, C., R. Guzmán-Reyna y G.E. Rehfeldt. 2006. Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, México; implications for seed zoning, conservation of forest genetic resources, tree breeding and global warming. *Forest Ecology and Management* 229:340-350.

Sáenz-Romero, C. y B.L. Tapia-Olivares. 2008. Genetic variation in frost damage and seed zone delineation within an altitudinal transect of *Pinus devoniana* (*P. michoacana*) in Mexico. *Silvae Genetica* 57(3):165-170.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston *et al.* 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for México and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102(3-4):595-623.

——. 2012*a*. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México: impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, P. Duval y P. Lindig-Cisneros. 2012*b*. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275:98-106.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, J.C. Soto-Correa *et al.* 2012c. Altitudinal genetic variation among *Pinus pseudostrobus* populations from Michoacán, México: two location shadehouse test results. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(2): 111-120.

Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. López-Upton y J.J. Vargas-Hernández. 2007. Growth and frost damage variation among *Pinus pseudostrobus, P. montezumae* and *P. hartwegii* tested in Michoacán, México. *Forest Ecology and Management* 253:81-88.

Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández *et al.* 2009. Altitudinal genetic variation in *Pinus hartwegii* Lindl. I: height growth, shoot phenology, and frost damage in seedlings. *Forest Ecology and Management* 257: 836-842.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Genética de la restauración en bosques templados

SABINA IRENE LARA CABRERA Y ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS

La restauración ecológica es una práctica que busca apoyar la recuperación de los ecosistemas degradados. Un elemento esencial de esa práctica de manejo es introducir organismos característicos a los sitios que se desean restaurar (SER 2004). A lo largo de los años se ha observado que muchos proyectos fracasan, y se ha estudiado que es debido al origen de la semilla que se elige para germinar y propagar (Breed *et al.* 2013).

En respuesta a ese problema detectado es que surge la genética de la restauración, una disciplina que considera la genética de los grupos de plantas emparentadas (progenies) para usar semillas que se desarrollen de forma exitosa en las condiciones especiales de los sitios a restaurar (Galloway y Fenster 2000, Hufford y Mazer 2003).

La genética de la restauración considera dos principios generales: 1) introducir semillas de poblaciones genéticamente diversas, con la idea de que serán más adaptables ante cambios ambientales y 2) que la evaluación de la diversidad genética ayuda a seleccionar especies que es más probable serán adaptables.

De manera ideal lo que se busca es que las plantas que germinen a partir de semillas lleguen a la edad reproductiva; para ello es necesario tener conocimiento básico antes de realizar la siembra, es decir, conocer la diversidad y composición genética de las poblaciones naturales de las cuales se colectarán las semillas (Gustafson *et al.* 2005), lo que en muchas ocasiones es complicado, sobre todo si se desconoce ese tipo de información para la mayoría de las especies silvestres.

Desde la perspectiva de la genética, para poder recomendar una especie para restauración en determinado sitio es necesario conocer los mecanismos genéticos que controlan la adaptabilidad y las características fenotípicas de dicha especie. Aunque para la mayoría de las especies no se cuenta con esa información, hay formas indirectas de hacer recomendaciones considerando aspectos genéticos en el campo de la restauración. Una forma es a través del uso de marcadores moleculares (pequeños fragmentos de ADN) que pueden variar entre individuos, poblaciones y especies, con los que se ha logrado determinar que es mejor utilizar poblaciones lo más cercanas al sitio a restaurar, las cuales ya están adaptadas localmente y sobre todo que sean poblaciones diversas genéticamente y, con ello, asegurar o ampliar las posibilidades de adaptación (Krauss *et al.* 2013).

Para obtener información sobre especies que pueden ser utilizadas en la restauración de los bosques templados del estado, ecosistemas de amplia importancia ambiental y económica, se han evaluado dos especies del piso forestal que si bien pertenecen a familias distintas, curiosamente tienen el mismo epíteto específico (por ser plantas muy vistosas): *Lupinus elegans* (Fabaceae; figura 1) y *Salvia elegans* (Lamiaceae).

FIGURA 1. Arbusto de *Lupinus elegans* en Nuevo San Juan Parangaricutiro. Foto: R. Lindig.

Lara-Cabrera, S.I. y R.A. Lindig-Cisneros. 2019. Genética de la restauración en bosques templados. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 35-37.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La elección de *S. elegans* fue basada en su importancia para especies migratorias de colibríes. En el caso *de L. elegans*, se trata de una planta fijadora de nitrógeno que tolera condiciones de disturbio y su presencia favorece el establecimiento y posterior desarrollo de los bosques de oyamel (*Abies religiosa*), lo cual se logró determinar a través de múltiples ensayos de restauración (Blanco-García *et al.* 2011, Díaz-Rodríguez *et al.* 2013).

La evaluación de estas dos especies se realizó en 10 poblaciones de Michoacán, y consistió en determinar su variación genética y la calidad de las semillas. En las poblaciones de *L. elegans,* en las localidades de Llano de Pario y San Nicolás (municipio Nuevo Parangaricutiro), Charapan (municipio Charapan), Pico de Tancítaro (municipio Tancítaro) y Villa Madero (municipio Madero) de la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal (Lara-Cabrera *et al.* 2009), se utilizó el marcador conocido como RAPD que, aunque cada vez es menos utilizado, permite evaluar la diversidad genética de especies silvestre.

En los resultados genéticos y de un ensayo de jardín común (tipo de experimento en donde crecen plantas de diversos orígenes bajo las mismas condiciones ambientales) establecido en San Nicolás, se observó que las plantas provenientes de semilla local (de San Nicolás), se desarrollan mejor que las foráneas (el resto de las localidades) y que la diversidad genética de las poblaciones de esta especie es alta.

En las poblaciones de *S. elegans* se determinó la variación genética con RAPD (Bedolla-García *et al.* 2011), en localidades del Sistema Volcánico Transversal: Mil Cumbres y laguna Larga (municipio Hidalgo), Jerahuaro (municipio Zinapécuaro), San Nicolás y Tepamal (municipio Nuevo Parangaricutiro), y en dos localidades del Estado de México, de los municipios Temascaltepec y Ocoyoacac (Marquesa). Los resultados mostraron diferenciación en las poblaciones de la meseta Tarasca

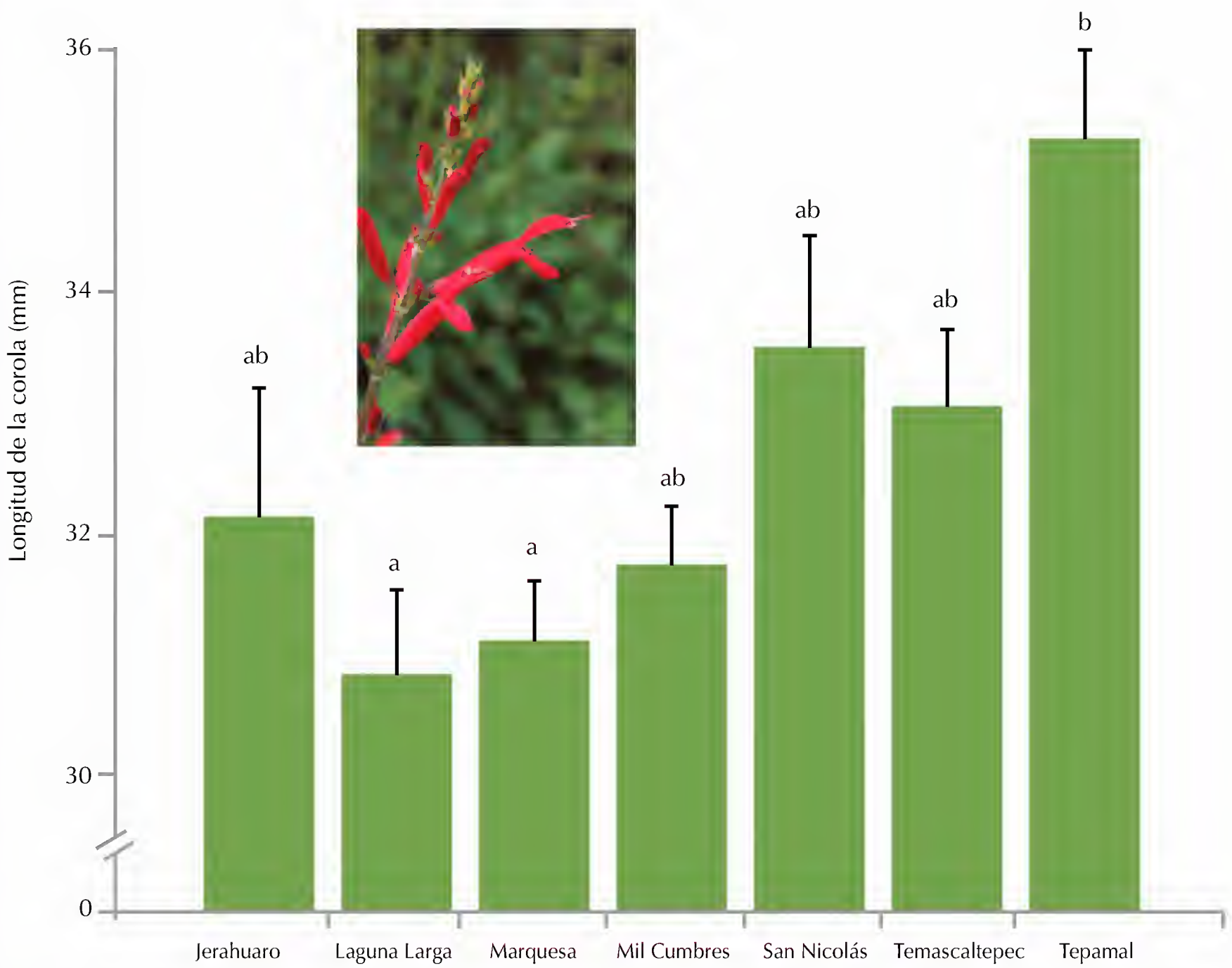


FIGURA 2. Longitud de la corola de *Salvia elegans* (medias y desviación estándar) para las poblaciones consideradas en el estudio. Las letras sobre las barras indican si hay o no diferencias significativas; las diferencias en las longitudes sugieren que puede haber adaptación local que se debe considerar al momento de colectar semillas para proyectos de restauración ecológica. Fuente: elaboración propia. Foto: R. Lindig.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(San Nicolás y Tepamal) y en aquellas de la sierra Chincua (Mil Cumbres y laguna Larga), Temascaltepec y Marquesa, lo que se podría atribuir a la fauna de colibríes y a las preferencias del polinizador, ya que de las siete poblaciones (localidades), los individuos de Tepamal poseen las flores más largas (35.3 mm), seguidas de las de San Nicolás (33.6 mm), sugiriendo un efecto de presión selectiva (figura 2). Con base en esa diferenciación, en el aislamiento y en la fragmentación del hábitat, se propone que la recolecta de semillas para reintroducción o restauración se realice lo más cerca posible del sitio de plantación.

En conclusión, los estudios de diversidad genética permiten establecer lineamientos para la colecta de semillas de especies útiles para la restauración ecológica. En el caso de las dos especies estudiadas aquí, *L. elegans* es útil porque facilita el establecimiento de otras especies y mejora la fertilidad de suelos degradados, mientras que *S. elegans* permite crear hábitat para especies migratorias de aves y restablecer redes de interacciones tróficas.

REFERENCIAS

Bedolla-García, B.Y., R. Lindig-Cisneros y S.I. Lara-Cabrera. 2011. Diferenciación genética en poblaciones de *Salvia elegans* (Lamiaceae). *Biológicas* 13:59-64.

Blanco-García, A., C. Sáenz-Romero, C. Martorell *et al.* 2011. Nurse-plant and mulching effects on three conifer species in a Mexican temperate forest. *Ecological Engineering* 37:994-998.

Breed, M.F., M.G. Stead, K.M. Ottewell *et al.* 2013. Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics* 14:1-10.

Díaz-Rodríguez, B., E. del-Val, M. Gómez-Romero *et al.* 2013. Conditions for establishment of a key restoration species, *Lupinus elegans* Kunth, in a Mexican temperate forest. *Botanical Sciences* 91:225-232.

Galloway, F.L. y C.B. Fenster. 2000. Population differentiation in an annual legume: local adaptation. *Evolution* 54: 1173-1181.

Gustafson, D.J., D.J. Gibson y D.L. Nickrent. 2005. Using local seeds in prairie restoration data support the paradigm. *Native Plants Journal* 6:25-28.

Hufford, K.M. y S.J. Mazer. 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 18:147-155.

Krauss, S.L., E.A. Sinclair, J.D. Bussell y R.J. Hobbs. 2013. An ecological genetic delineation of local seed-source provenance for ecological restoration. *Ecology and Evolution* 3:2138-2149.

Lara-Cabrera, S.I., N. Alejandre-Melena, E.I. Medina-Sánchez y R. Lindig-Cisneros. 2009. Genetic diversity in populations of *Lupinus elegans* Kunth.: implications for ecological restoration. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32:79-86.

SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. En: *<http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp>*, última consulta: enero de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Diversidad genética de los encinos (*Quercus* spp.)

ANTONIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ Y ALBERTO KEN OYAMA NAKAGAWA

El género *Quercus* (encinos y robles) pertenece a la familia Fagaceae e incluye alrededor de 600 especies en el mundo (Petit *et al.* 2013). Se divide en dos subgéneros: *Cyclobalanopsis,* que se encuentra en el este y sureste de Asia, y *Quercus*, que se localiza en todo el hemisferio norte (Nixon 1993). El subgénero *Quercus* incluye tres secciones: *Quercus* (encinos blancos), *Lobatae* (encinos rojos) y *Protobalanus* (encinos intermedios o de cúpula dorada; Nixon 1993).

México es el país con mayor riqueza de encinos a nivel mundial, con aproximadamente 161 especies, 100 de ellas endémicas (Valencia 2004). Las tres secciones del subgénero *Quercus* se encuentran en México, aunque la sección *Protobalanus* está restringida al extremo noroeste del país (Valencia 2004).

En Michoacán se han registrado 30 especies de encinos (Arizaga *et al.* 2009) que se distribuyen principalmente en las zonas de clima templado, es decir, en la meseta Purépecha y algunas áreas de la Sierra Madre del Sur. Forman encinares, bosques de pino-encino y son elementos importantes de los bosques mesófilos (Arizaga *et al.* 2009). Algunas especies, como *Q. deserticola, Q. glaucoides, Q. tuberculata* y *Q. magnoliifolia* también se encuentran en matorrales subtropicales y bosques tropicales caducifolios (Arizaga *et al.* 2009).

Algunos estudios sobre la variación y estructura genética de especies de encinos mexicanos han incluido muestras de poblaciones localizadas en Michoacán, particularmente en la provincia del estado correspondiente al Sistema Volcánico Transversal, en los municipios de Acuitzio, Erongarícuaro, Hidalgo, Morelia, Lagunillas, Madero, Tlalpujahua, Uruapan, Zinapécuaro y Zitácuaro; y en la provincia de la Sierra Madre del Sur, en los municipios de Coalcomán y Tumbiscatío (cuadro 1). Las especies de las cuales se cuenta con datos son dos encinos rojos (*Quercus castanea* y *Q. scytophylla*) y cinco encinos blancos (*Q. deserticola, Q. laeta, Q. magnoliifolia, Q. resinosa* y *Q. rugosa*). Los marcadores moleculares utilizados han sido microsatélites del ADN de cloroplasto, en la mayoría de los casos, y microsatélites nucleares en un estudio que incluyó cuatro poblaciones de *Q. castanea* (figura 1) y cuatro de *Q. deserticola* (Acosta 2009).

CUADRO 1. Estimaciones de diversidad genética en poblaciones de varias especies de encinos.

Especie	Número de poblaciones	Genoma	NH[1]	Diversidad genética[2]	Referencia
Quercus castanea	3	Cloroplasto	4.3	0.71	Peñaloza 2011
Q. deserticola	11	Cloroplasto	4.3	0.78	Ochoa 2009
Q. laeta	1	Cloroplasto	4.0	0.64	Ochoa 2009
Q. scytophylla	2	Cloroplasto	3.9	0.70	Peñaloza 2011
Q. magnoliifolia	4	Cloroplasto	2.2	0.47	Albarrán 2011
Q. resinosa	1	Cloroplasto	3.0	0.60	Albarrán 2011
Q. rugosa	2	Cloroplasto	2.7	0.85	Uribe 2009
Q. castanea	4	Núcleo	NR	0.71	Acosta 2009
Q. deserticola	4	Núcleo	NR	0.65	Acosta 2009

[1]NH: número de haplotipos promedio por población. [2]La diversidad genética puede variar entre 0 y 1; un valor de 0 indica que todos los individuos de la población son genéticamente iguales, mientras que un valor de 1 indica que todos los individuos son diferentes.
NR: No reportado.

González-Rodríguez, A. y K. Oyama. 2019. Diversidad genética de los encinos (*Quercus* spp.). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 39-41.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Hojas y bellota de *Quercus castanea* en los alrededores de Jesús del Monte, municipio de Morelia. Foto: Antonio González.

Es destacable que los valores de diversidad genética poblacional hasta ahora reportados en el ADN de cloroplasto para los encinos mexicanos y las poblaciones de Michoacán, que constituyen un ejemplo representativo, son considerablemente elevados en comparación con los encontrados en especies de otras partes del mundo (Grivet *et al.* 2006, Magri *et al.* 2007, Marsico *et al.* 2009).

En el cuadro 1 se muestra que en las poblaciones de encinos de la entidad el número promedio de haplotipos (cada una de las variantes genéticas que se encuentran en una región específica del ADN de un organismo, en este caso el ADN del cloroplasto) por población, se encuentra entre 2.25 y 4.3, y los valores de diversidad genética entre 0.6 y 0.85 (valores de diversidad genética de 0 indican que todos los individuos de la población son genéticamente iguales, y valores de 1 indican que todos los individuos son diferentes). En contraste, en especies de Norteamérica como *Q. lobata* y *Q. garryana*, y de Europa como *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Q. faginea*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica* y *Q. robur*, el número promedio de haplotipos por población está entre 1.04 y 1.4, y la diversidad genética entre 0.114 y 0.285 (Grivet *et al.* 2006, Magri *et al.* 2007, Marsico *et al.* 2009), valores que están muy por debajo de lo reportado en las especies en Michoacán.

La alta diversidad genética en los encinos en Michoacán (y también en otras partes de México) es posible explicarla como producto de las particularidades de la historia evolutiva del género en la región que hoy conforma México. Diferentes líneas de investigación evidencian que durante el Pleistoceno (época geológica que comenzó hace aproximadamente 2.59 millones de años y terminó hace 10 mil años), las especies de encinos en Europa y Norteamérica sufrieron drásticos cambios en su distribución y fuertes fluctuaciones en su tamaño poblacional, acompañadas de pérdida de diversidad genética (cuellos de botella), como resultado de la sucesión de periodos glaciales e interglaciales (es decir, periodos fríos de muchos miles de años de duración, interrumpidos por periodos cálidos de pocos miles de años). En cambio, en México los efectos de las glaciaciones fueron más suaves, por lo que la distribución amplia que actualmente tienen las especies mostradas en el cuadro 1, es probable se ha mantenido sin grandes cambios durante gran parte o todo el pleistoceno. Esta estabilidad dio tiempo para que las mutaciones se acumularan y pudieran extenderse entre las poblaciones debido al flujo génico (Albarrán 2011, Peñaloza 2011).

Muy posiblemente futuros estudios sobre la diversidad genética de los encinos en diferentes regiones del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

país confirmarán en gran medida los patrones que han aparecido en estos estudios iniciales; por lo tanto, puede afirmarse que México no es sólo un centro de riqueza de especies de encinos a escala mundial, sino también un centro invaluable de diversidad genética de este importante grupo de árboles.

Michoacán, con las 30 especies que se encuentran dentro de su territorio y con las todavía extensas áreas cubiertas por encinares y bosques de pino-encino en las provincias del Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, sin duda representa una región clave en la implementación de políticas de conservación orientadas a preservar la diversidad genética del género *Quercus*.

REFERENCIAS

Acosta, C. 2009. *Estructura genética comparada en poblaciones de Quercus castanea y Q. deserticola, en sitios conservados y perturbados en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Albarrán, A.L. 2011. *Estructura genética, filogeografía e identificación de zonas híbridas en Quercus magnoliifolia y Q. resinosa (Fagaceae) en México.* Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM, Morelia.

Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales y M.A. Bello-González. 2009. *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos.* SEMARNAT, México.

Grivet, D., M.F. Deguilloux, R.J. Petit y V.L. Sork. 2006. Contrasting patterns of historical colonization in white oaks (*Quercus* spp.) in California and Europe. *Molecular Ecology* 15:4085-4093.

Magri, D., S. Fineschi, R. Bellarosa *et al.* 2007. The distribution of *Quercus suber* chloroplast haplotypes matches the paleogeographical history of western Mediterranean. *Molecular Ecology* 16:5259-5266.

Marsico, T.D., J.J. Hellman y J. Romero-Severson. 2009. Patterns of seed dispersal and pollen flow in *Quercus garryana* (Fagaceae) following post-glacial climatic changes. *Journal of Biogeography* 36:929-941.

Nixon, K.C. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* and typification of sectional names. *Annales des Sciences Forestieres* 50 (supplement 1):245-355.

Ochoa, M. 2009. *Efectos de la fragmentación del hábitat sobre la diversidad y estructura genética de Quercus deserticola Trel. en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Peñaloza, J.M. 2011. Filogeografía e hibridación en cuatro especies del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM, Morelia.

Petit, R.J., J. Carlson, A.L. Curtu *et al.* 2013. Fagaceae trees as models to integrate ecology, evolution and genomics. *New Phytologist* 197:369-371.

Uribe, D. 2009. Variación morfológica y estructura genética en poblaciones naturales de *Quercus rugosa* Née (Fagaceae) en México. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-53.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Uso de marcadores moleculares en la sistemática de alacranes

JAVIER PONCE SAAVEDRA

INTRODUCCIÓN

México está considerado uno de los cinco países con mayor diversidad biológica (Llorente-Bousquets *et al.* 1996). La riqueza de alacranes le ubica como el país con mayor número de especies, con más de 250 descritas y representadas en 31 géneros pertenecientes a las ocho familias reconocidas para Norteamérica: Buthidae, Caraboctonidae, Chactidae, Euscorpiidae, Scorpionidae, Superstitioniidae, Thyphlochactidae y Vaejovidae (Rein 2013).

En México, el género *Centruroides,* perteneciente a la familia Buthidae, es el que contiene especies de importancia médica; se trata de un alacrán común y diverso para México con 45 especies registradas (Ponce-Saavedra y Francke en prensa; véase Alacranes del género *Centruroides* y su importancia médica, en esta obra). Un problema común en el género es la dificultad para reconocer las diferentes especies, debido a que son parecidas morfológicamente e incluso crípticas (a simple vista los individuos de diferentes especies no pueden distinguirse), razón por la que hay que buscar formas cada vez mejores para separar a estas especies (Gantenbein *et al.* 2001).

En Michoacán se tiene el caso del complejo "limpidus", que en el año 2001 estaba compuesto por dos subespecies reconocidas con distribución en la entidad: *Centruroides limpidus limpidus* y *C. limpidus tecomanus* (Fet *et al.* 2000, Beutelspacher 2000, Ponce-Saavedra y Beutelspacher 2001). Al incrementarse el trabajo en campo se encontraron poblaciones simpátricas (que ocupan la misma área geográfica) en áreas muy reducidas, y que de acuerdo con la información taxonómica del momento correspondían a alguna de las especies y subespecies mencionadas. Sin embargo, eso originó varios cuestionamientos y apuntó a la premisa de que dos subespecies no pueden habitar en la misma área geográfica, ya que entonces deberían considerarse la misma especie; por lo tanto, o son especies distintas o son variaciones de la misma especie.

EL ESTUDIO

En ese contexto, y con la intención de clarificar la situación taxonómica del complejo, se planteó revisar a las especies y subespecies que habitaban la provincia Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en poblaciones con diferencias morfológicas pequeñas, distribución geográfica restringida y alta variación en caracteres morfológicos de relevancia para separar especies.

La primera parte de dicho estudio involucró herramientas que previamente no se habían utilizado en la sistemática de alacranes, tal es el caso de los métodos de la estadística multivariada, que fueron aplicados a datos morfométricos (medidas, conteos y proporciones) de machos y hembras, para generar hipótesis sobre la existencia de dos o más grupos confusos en poblaciones identificadas como la misma especie. Esas hipótesis se probarían con un análisis de secuencias genéticas obtenidas con marcadores moleculares, utilizando el fragmento de gen mitocondrial RNA 16S, que tiene suficiente capacidad de resolución para diferenciar poblaciones en el nivel específico; es decir, que permite apreciar diferencias genéticas suficientes entre las poblaciones, como para definir que pertenecen a especies distintas (Fet y Poindexter 1992).

IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS

De este trabajo se obtuvieron evidencias suficientes para afirmar que las poblaciones analizadas, en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, presentan diferencias morfométricas (figura 1) y divergencia genética suficiente, tanto en hembras como en machos (figura 2), como para considerarlas especies taxonómicamente válidas. Por lo tanto, se sugirió la existencia de una nueva especie del género, que se describió y denominó *Centruroides balsasensis* (Ponce-Saavedra y Francke 2004). Esta especie parece surgir del aislamiento generado con la formación geológica de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, como lo sugieren los tiempos estimados de divergencia a partir de poblaciones parentales con *C. limpidus* y el tiempo geológico estimado para la formación de la Depresión (figura 2). De estas primeras evidencias surgió además la idea sobre la pertinencia de elevar a nivel de especie las entonces subespecies *C. limpidus limpidus* y *C. limpidus tecomanus*, lo que se logró demostrar posteriormente (Ponce-Saavedra *et al.* 2009).

Ponce-Saavedra, J. 2019. Uso de marcadores moleculares en la sistemática de alacranes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 43-47.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

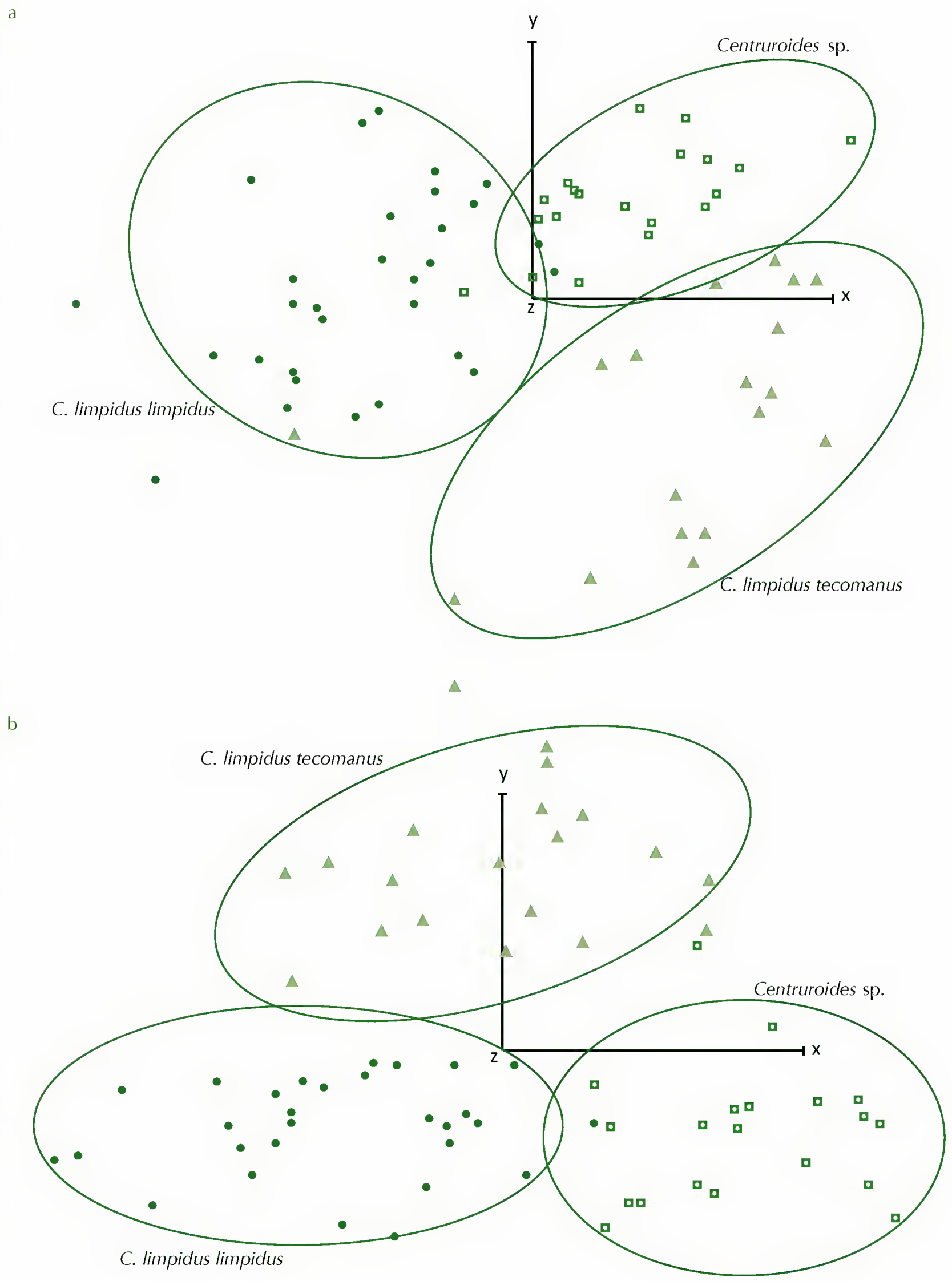


FIGURA 1. Análisis morfométrico de hembras (a) y machos (b) de las poblaciones del complejo "limpidus", en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, que justifica la designación de una especie nueva (□) de las dos previamente determinadas en la zona. *Centruroides* sp. corresponde a la especie posteriormente descrita como *Centruroides balsasensis*. Las subespecies *C. limpidus limpidus* y *C. limpidus tecomanus* corresponden actualmente a las especies *C. limpidus* y *C. tecomanus*. Fuente: elaborado con base en Ponce-Saavedra 2003.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

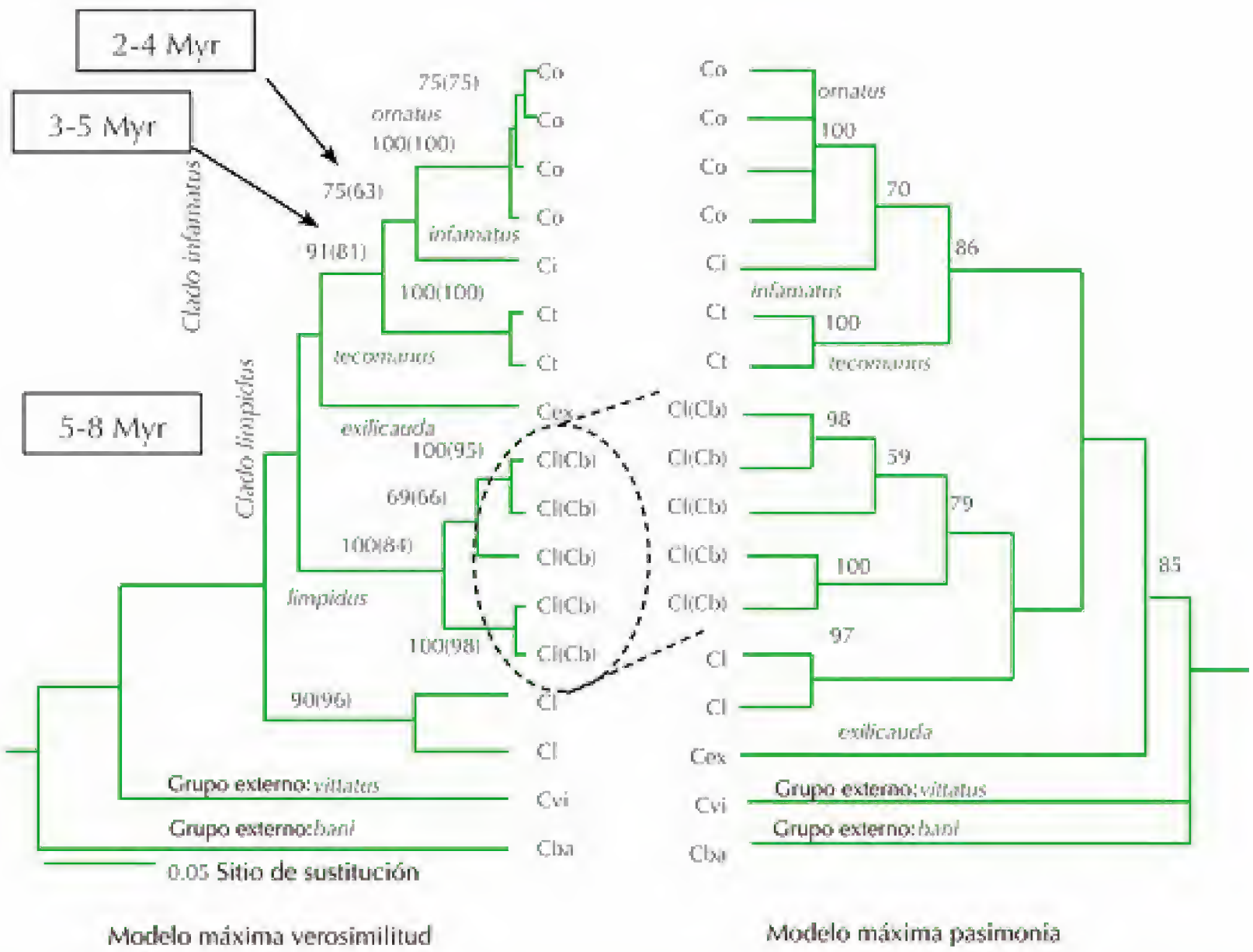


FIGURA 2. Genealogía obtenida con 16S mtDNA para *Centruroides* altamente tóxicos del centro de México, incluyendo cuatro subespecies. La topología del árbol fue obtenida por los modelos de máxima verosimilitud (izquierda) y máxima parsimonia con índice de retención de 0.56 y de consistencia de 0.70 (derecha). Las especies actuales están representadas por las abreviaturas: Co: *Centruroides ornatus*, Ci: *Centruroides infamatus*, Cl: *Centruroides limpidus*, Ct: *Centruroides tecomanus*, Cl (Cb): *Centruroides balsasensis*. Fuente: elaborado con base en Towler *et al.* 2001.

Con estos resultados también se encontró que las poblaciones costeras de *C. limpidus tecomanus* (*C. tecomanus;* figura 3) no fueron monofiléticas (que no tienen un ancestro común) con su supuesto linaje hermano (*C. limpidus*) y se relacionó más hacia el grupo formado por las dos subespecies del complejo "infamatus". Esta situación llevó a analizar de manera más detallada estos taxones, lo que posteriormente se consideró como evidencia para reconocer a *C. tecomanus* (descrita por Hoffmann en 1932 como subespecie) como especie válida; lo anterior soportado por un análisis de las secuencias de ADN mitocondrial (Ponce-Saavedra *et al.* 2009; figura 3).

PERSPECTIVAS

En todo el mundo, el uso de las herramientas moleculares se ha incrementado de forma notable en la sistemática de alacranes (Teruel *et al.* 2006, Froufe *et al.* 2008, Sousa *et al.* 2010, González-Santillán y Prendini 2014). En México ya es parte de los protocolos de análisis necesarios para la definición específica, en aquellos complejos de especies que por sus características morfológicas son difíciles de diferenciar, y junto con métodos de morfometría clásica y más recientemente de morfometría geométrica, facilitarán el trabajo de los taxónomos y la búsqueda de explicación y comprensión sobre la diversidad local o regional.

REFERENCIAS

Beutelspacher, B.C.R. 2000. *Catálogo de los alacranes de México.* UMSNH, Morelia.

Fet, V. y B.J. Poindexter. 1992. Genetic variation of mitochondrial DNA in *Centruroides exilicauda* (Scorpiones: Buthidae) as revealed by the polymerase chain reaction. *American Zoologist* 32(5):136A.

Fet, V., W.D. Sissom, G. Lowe y M.E. Braunwalder. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998).* New York Entomological Society, Nueva York.

Froufe, E., P. Sousa, P.C. Alves y D.J. Harris. 2008. Genetic diversity within *Scorpio maurus* (Scorpiones: Scorpionidae) from Morocco: preliminary evidence based on CO1 mitochondrial DNA sequences. *Biologia* 63(6):1157-1160.

Gantenbein, B., V. Fet y M.D. Barker. 2001. Mitochondrial DNA reveals a deep, divergent phylogeny in *Centruroides*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Cladograma de consenso obtenido con el método de reconstrucción filogenética del "vecino más cercano" para las tres especies de *Centruroides* usadas en el análisis de secuencias del fragmento de gen mitocondrial 16S. Las flechas indican la posición de los grupos externos, siendo *C. nigrescens* la especie utilizada para "enraizar". *Cnigrescens*: *Centruroides nigrescens* (grupo externo), *Cexilicauda*: *Centruroides exilicauda* (grupo externo). Los valores representan la estimación de la confiabilidad de los clados y ramas (33 a 100; entre mayor valor, más confiable). Fuente: elaborado con base en Ponce-Saavedra *et al.* 2009.

exilicauda (Wood, 1863) (Scorpiones, Buthidae). En: *Scorpions*. G.A. Polis, V. Fet y P.A. Selden (eds.). British Arachnological Society, Burnham Beeches, pp. 235-244.

González-Santillán, E. y L. Prendini. 2014. Phylogeny of the North American vaejovid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, based on morphology, mitochondrial and nuclear DNA. *Cladistics* 31:341-405.

Hoffmann, C.C. 1932. Monografías para la entomología médica de México. Monografía. 2. Los escorpiones de México (segunda parte) Buthidae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 3:243-361.

Llorente-Bousquets, J., E. González S., A.N. García A. y C. Cordero. 1996. Breve panorama de la taxonomía de artrópodos en México. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. I.* J.E. Llorente-Bousquets, A.N. García A. y E. González S. (eds.). CONABIO/UNAM, México, pp. 3-14.

Ponce-Saavedra, J. 2003. *Ecología y distribución del género Centruroides Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la depresión del Balsas del estado de Michoacán.* Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales-Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ponce-Saavedra, J. y C.R. Beutelspacher B. 2001. *Alacranes de Michoacán*. Ediciones Michoacanas/UMSNH, Morelia.

Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. 2004. Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpiones: Buthidae) de la Depresión del Balsas, México. *Acta Zoologica Mexicana* 20:221-232.

Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. En prensa. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del noroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90.

Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, H. Cano-Camacho y E. Hernández-Calderón. 2009. Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones: Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:71-84.

Rein, J.O. 2013. The scorpion files. Norwegian University of Science and Technology. En: *<http://www.ub.ntnu.no/scorpionfiles/>*, última consulta: enero de 2013.

Sousa, P., E. Froufe, P.C. Alves y D.J. Harris. 2010. Genetic diversity within scorpions of the genus *Buthus* from the Iberian Peninsula: mitochondrial DNA sequence data indicate additional distinct cryptic lineages. *Journal of Arachnology* 38(2):206-211.

Teruel, R., V. Fet y M.R. Graham. 2006. The first mitochondrial DNA phylogeny of cuban Buthidae (Scorpiones: Buthoidea). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 39:219.226.

Towler, W.I., J. Ponce-Saavedra, B. Gantenbein y V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica* 77:157-172.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Evaluación de la diversidad de lepidópteros nocturnos, utilizando código de barras de ADN

YESENIA MARGARITA VEGA SÁNCHEZ, VELIA IRIS RAMOS PÉREZ, JANETH GARCÍA RÍOS
Y LUIS FELIPE MENDOZA CUENCA

INTRODUCCIÓN

El sorprendente éxito evolutivo del orden Lepidoptera (mariposas y polillas) lo coloca junto con los coleópteros como los insectos más diversos en el planeta. Se ha estimado que la diversidad potencial de ese orden ronda las 350 mil especies (Grimaldi y Engel 2005). El grupo ha recibido considerable interés y es modelo de estudio en campos tan diversos como genética, biología molecular, fisiología, evolución y ecología (Boggs *et al.* 2003, Goldsmith y Marec 2010). Aunado a ello, y al gran esfuerzo de colecta de lepidópteros en todo el mundo, los taxónomos han podido nombrar entre 160 y 180 mil especies; sin embargo, se considera que esa cantidad corresponde a menos de la mitad de los ejemplares registrados y depositados en las colecciones científicas del mundo, que aún están pendientes de identificar (Powell y Opler 2009).

Históricamente la lepidopterofauna del centro y la vertiente del Pacífico mexicano ha sido poco estudiada; para Michoacán fue hasta finales de 1980 que se realizaron los primeros esfuerzos sistemáticos de identificación (Balcázar 1988, Jurado y Ponce-Saavedra 1991).

En 2008 la entidad ocupó el sexto lugar en localidades muestreadas y el primero en registros, con un total de 176 902 (Quiroz-Pérez 2008); sin embargo, el número de especies identificadas para el estado es de apenas 343 (Villaseñor 2005, CONABIO *et al.* 2007) y 426 (Castillo 2008). Recientemente, se han mencionado nuevas cifras que apuntan que el número de especies reportado para el estado es de alrededor de 740, de las cuales 71 pertenecen a mariposas nocturnas (véase Estado del conocimiento de la diversidad de insectos, en esta obra), lo que sin duda refleja la complejidad taxonómica del grupo y el limitado número de especialistas para la mayoría de las familias de este orden de insectos.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

Para llevar a cabo una determinación de especies más completa, se realiza un esfuerzo en todo el mundo por identificar especies mediante análisis genéticos, a través del llamado código de barras de ADN, analizando segmentos estándar del gen citocromo *c* oxidasa subunidad I (CO1), el cual ha sido particularmente exitoso en lepidópteros (Smith *et al.* 2007, De Waard *et al.* 2011, Prado *et al.* 2011).

Hasta el momento, dentro del proyecto internacional del código de barras de la vida (IBOL, por sus siglas en inglés), en su campaña enfocada en lepidópteros (http://www.lepbarcoding.org), se tienen secuenciados casi 500 mil especímenes e identificadas aproximadamente 50 mil especies.

En un esfuerzo reciente, en Michoacán se utilizó la identificación de especies por ese medio para estimar la diversidad de lepidópteros nocturnos asociados a encinares dentro de la cuenca de Cuitzeo (Sistema Volcánico Transversal: Morelia, Atécuaro, Jesús del Monte, Lagunillas, Remolino y Umécuaro; Mendoza-Cuenca *et al.* 2010). Se obtuvieron secuencias de 251 especímenes, lo que permitió identificar, con base en las distancias genéticas, individuos de especies pertenecientes a 75 géneros. Los avances del trabajo sugieren que más del 60% de las especies podrían ser nuevos registros, lo que representaría al menos un incremento de 30% en la diversidad de especies de lepidópteros para el estado, de acuerdo con diferentes fuentes, como el Catálogo de Autoridades Taxonómicas (CAT) para lepidópteros, la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad (REMIB 2015), colecciones científicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), así como registros de información mundiales sobre biodiversidad en línea (GBIF 2014).

Las especies pertenecen a las familias: Arctiidae, Gelechiidae, Noctuidae y Pyralidae, que ya han sido reportadas (véase Estado del conocimiento de la diversidad de insectos, en esta obra); mientras que representarían nuevos registros para Acrolophidae, Blastobasidae, Bombycidae, Crambidae, Drepanidae, Elachistidae, Geometridae, Lasiocampidae, Lymantriidae, Nolidae, Oecophoridae y Uraniidae (a nivel de familia para la entidad, y en el caso de Elachistidae para el país; figura 1).

Vega-Sánchez, Y.M., V.I. Ramos-Pérez, J. García-Ríos y L. Mendoza-Cuenca. 2019. Evaluación de la diversidad de lepidópteros nocturnos, utilizando código de barras de ADN. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 49-51.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

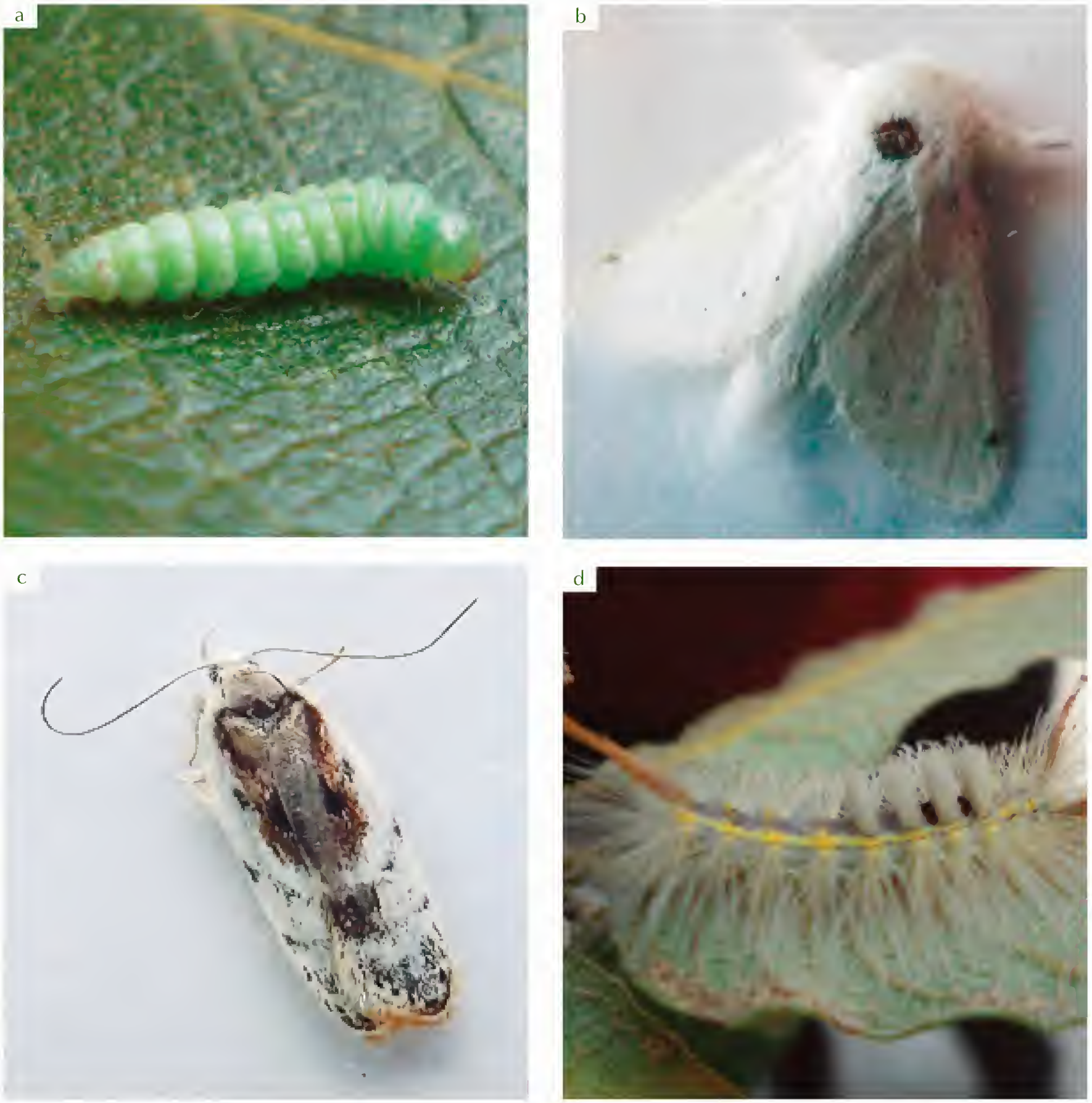


FIGURA 1. Ejemplares de mariposas nocturnas identificados por códigos de barras: a) estado larval de *Psilocorsis* sp. (Oecophoridae), b) adulto de *Artace* sp. (Lasiocampidae), c) adulto de *Antaeotricha* sp. (Elachistidae), d) larva de *Orgyia falcata* (Lymantriidae). Fotos: Janeth García-Ríos.

CONCLUSIONES

Las mariposas nocturnas cuentan con un número considerable de especies en la entidad, por lo que una identificación más completa será una importante contribución al conocimiento de la biodiversidad de lepidópteros del estado. Los resultados con técnicas genéticas demuestran la importancia de utilizar esos recursos para aproximarse al conocimiento de la diversidad de grupos que, como con las mariposas nocturnas, han representado un reto para la taxonomía tradicional. En este sentido, el código de barras de ADN es una herramienta eficaz para conocer la verdadera magnitud de la diversidad biológica en Michoacán.

REFERENCIAS

Balcázar L., M.A. 1988. *Fauna de mariposas de Pedernales, municipio de Tacámbaro, Michoacán. Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Boggs, C.L., W.B. Watt y P.R. Ehrlich. 2003. *Butterflies ecology and evolution taking flight.* Chicago University Press, EUA.

Castillo. M.E. 2008. *Catálogo de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del estado de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONABIO, SUMA y SEDAGRO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Agropecuario. 2007. *Estrategia para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica del estado de Michoacán*. CONABIO/SUMA/SEDAGRO, México.

De Waard, J.R., P.D.N. Hebert y L.M. Humble. 2011. A comprehensive DNA barcode library for the looper moths (Lepidoptera: Geometridae) of British Columbia, Canadá. *PLoS ONE* 6:e18290.

GBIF. Global Biodiversity Information Facility. 2014. Acceso libre y gratuito a los datos de biodiversidad. En: *<http://www.gbif.org/>*, última consulta: agosto de 2018.

Goldsmith, M.R. y F. Marec. 2010. *Molecular biology and genetics of the Lepidoptera*. CRC Press, EUA.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.

Jurado, V.C.M. y J. Ponce-Saavedra. 1991. Mariposas diurnas del estado de Michoacán. *Biológicas* 2:37-53.

Mendoza-Cuenca, L.F., V.I. Ramos-Pérez, J. García-Ríos y Y.M. Vega-Sánchez. 2010. *Diversidad de lepidópteros nocturnos en la cuenca de Cuitzeo Michoacán*. México.

Powell, J.A. y P.A. Opler. 2009. *Moths of western North America*. University of California Press, EUA.

Prado, B.R., C. Pozo, M. Valdez-Moreno y P.D.N. Hebert. 2011. Beyond the colours: discovering hidden diversity in the Nymphalidae of the Yucatan Peninsula in Mexico through DNA barcoding. *PLoS ONE* 6(11):e27776.

Quiroz-Pérez, Y. 2008. *Diversidad y abundancia de lepidópteros diurnos en la cuenca de Cuitzeo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

REMIB. Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad. En: *<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html>*, última consulta: agosto de 2018.

Smith, M., D.M. Wood, D.H. Janzen *et al.* 2007. DNA barcodes affirm that 16 species of apparently generalist tropical parasitoid flies (Diptera: Tachinidae) are not all generalists. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:4697-4972.

Villaseñor G., L.E. (ed.). 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ

La diversidad genética es el componente más básico de la diversidad biológica y un elemento fundamental para la adecuación de los individuos a un medio ambiente en continuo cambio; es también responsable de la eficacia de un individuo para adaptarse a su ambiente y lograr un éxito reproductivo (Domínguez-Domínguez y Vázquez-Domínguez 2009). Desafortunadamente, el mal uso que el ser humano ha hecho de los recursos naturales y los impactos que ha generado en el medio ambiente son incalculables, provocando cambios a los que deben hacer frente las especies, ya que están sucediendo de forma muy drástica y rápida.

Al hablar de conservación de la biodiversidad se hace referencia a una categoría taxonómica específica, por lo que, si aún se registra a la especie en su medio, o bien en cautiverio, se dice de manera general que la especie persiste. Sin embargo, al medir la persistencia a nivel de variación genética (es decir, las diferencias o polimorfismos genéticos, a nivel de marcadores moleculares, que se encuentran entre individuos dentro de las poblaciones y entre las poblaciones dentro de las especies), esa visión general puede cambiar radicalmente y con ello las predicciones de conservación a largo plazo.

Los ecosistemas dulceacuícolas se reportan como los más impactados por el ser humano (Domínguez-Domínguez *et al.* 2007) y aunque el agua es considerada un recurso vital, también es un medio para diluir desechos y contaminantes. Esas dos situaciones han puesto en grave riesgo a los organismos que habitan los ecosistemas acuáticos. Por un lado, se extrae agua, se entuban canales y se lapidan manantiales con el pretexto de tener el agua necesaria para los requerimientos de las poblaciones humanas; por otro, gran parte de los desechos van directamente a las corrientes de agua, con el razonamiento erróneo de que serán transportados a sitios donde ya no son visibles y por tanto no contaminan.

Lo anterior no considera que la mayoría de los organismos acuáticos no tienen la posibilidad de trasladarse de un cuerpo de agua a otro, porque viven en islas de agua rodeadas por tierra, de manera que, si sus cuerpos de agua se contaminan, prácticamente están destinados a desaparecer, ya que no pueden mudarse de isla en isla sin ayuda externa. Esas situaciones han puesto en grave riesgo a un importante número de peces dulceacuícolas, siendo quizás el grupo de vertebrados más amenazado del planeta, aunado al hecho de que el bajo interés que provoca hace que no se le dé atención al estado crítico de su conservación.

En este contexto, es alarmante el estado de conservación a nivel genético de algunas especies que aparentemente cuentan con poblaciones saludables en el medio natural, tal es el caso del pez picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*; figura 1), especie reportada como amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Pertenece a la subfamilia Goodeinae, endémica del centro de México (Michoacán y Guanajuato) y cuyo modo peculiar de reproducción y nutrición embrionaria la sitúa como verdadero tesoro nacional.

Las especies dentro de esa subfamilia poseen fertilización interna, los machos presentan una modificación en la aleta anal en forma de lóbulo copulatorio, llamado espermatopodio, el cual juega un papel crucial en la transferencia del paquete espermático al interior de la hembra. El estrecho contacto que debe existir entre la hembra y el macho para que la reproducción sea exitosa, ha promovido que la mayoría de las especies de esta familia presenten un marcado dimorfismo sexual y elaborados bailes de cortejo, los cuales han jugado un papel crucial en la evolución del grupo. También presentan una particular forma de nutrición embrionaria llamada matotrofia, donde los embriones tienen una estructura especializada (trofotenia) para obtener nutrientes y macromoléculas (lípidos y proteínas) y para el intercambio gaseoso con la hembra, siendo un sistema análogo al cordón umbilical en los mamíferos. Las hembras presentan un ovario modificado para contener a los embriones (análogo a la matriz de los mamíferos) y el lumen funciona como zona de intercambio en donde los embriones completan su desarrollo (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007).

Domínguez-Domínguez, O. 2019. Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 53-56.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

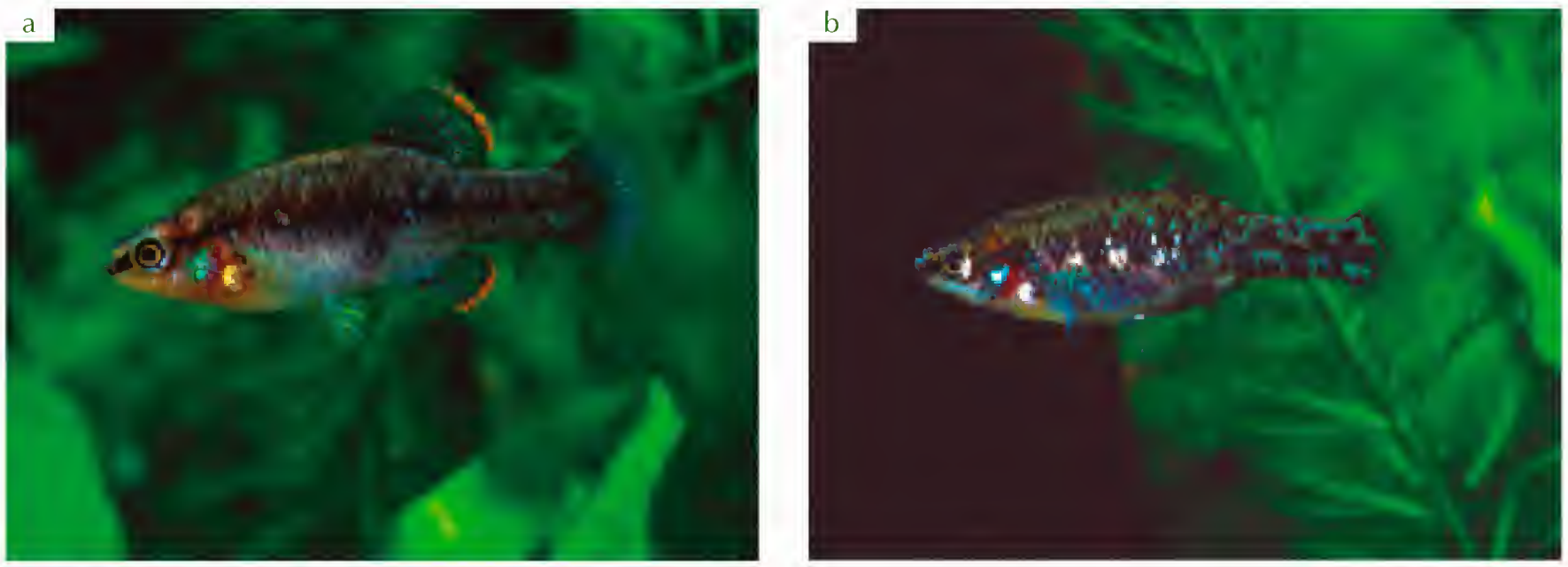


FIGURA 1. Pez picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*) endémico de México: a) macho, b) hembra. Fotos: Juan Carlos Merino.

Entre 2000 y 2005, Domínguez-Domínguez *et al.* (2006) monitorearon las poblaciones de esta especie en todo su rango de distribución, desde la cuenca del lago de Cuitzeo (Michoacán), hasta el río Ameca y Santiago (Jalisco). Se muestrearon 52 sitios en los que históricamente (muestreos realizados de 1902 a 1998) se había registrado la especie; de éstos sólo se reportó en 17, lo que indica una extinción de 67%.

De los 17 sitios (cuadro 1) se tomaron muestras de tejido en peces de 10 localidades repartidas en su rango de distribución, para su posterior análisis con marcadores moleculares (secuencias de ADN y microsatélites); además, se llevó a cabo un análisis del cambio de uso del suelo en las cuencas muestreadas y se obtuvieron datos históricos de aquellos lagos que a finales del siglo XVIII y principios del XIX fueron desecados con fines sobre todo agrícolas (Domínguez-Domínguez *et al.* 2007).

En general, se encontraron bajos valores de diversidad genética, similares o menores de aquellos encontrados en otras especies de peces de agua dulce en alguna categoría de riesgo (Salgueiro *et al.* 2003, Mesquita *et al.* 2005, Lage y Kornfield 2006). También se halló evidencia de cuellos de botella genéticos, que son el resultado de una reducción del tamaño poblacional en los cuales actúa más rápidamente la deriva génica (fuerza evolutiva que modifica las frecuencias alélicas y da como resultado cambios en el acervo génico entre generaciones sucesivas de una población), lo que reduce la variabilidad genética en cuerpos de agua que han sufrido procesos de desecación y han sido influenciados por actividades humanas. Tal es el caso de los lagos La Mintzita, Cuitzeo y Zacapu, situados dentro de la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, este último lago desecado en más de 90% de su superficie, sobre todo con fines agrícolas (Guzmán 1985).

En otras localidades, dentro de la cuenca de Cuitzeo y Bajo Lerma, situadas dentro de la misma provincia fisiográfica, se encontró un importante efecto de la deriva génica entre poblaciones geográficamente cercanas, lo cual fue atribuido a eventos de fragmentación por contaminación o destrucción del hábitat (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*).

Las poblaciones que se encuentran en la cuenca del Lerma, una de las más contaminadas del país, son las que mostraron menor diversidad genética. De igual forma se observó una relación estrecha entre el porcentaje de cambio de uso del suelo con la erosión genética en las poblaciones muestreadas. Lo anterior pone de manifiesto que a pesar de que una especie siga subsistiendo en la naturaleza, quizá no tenga el suficiente acervo genético (conjunto total de rasgos genéticos únicos [alelos] de un organismo, población o especie) para hacer frente a la acelerada afectación y contaminación de cuerpos de agua que por cientos de años ha ocurrido en el centro de México.

En la entidad existe un inusual mosaico de poblaciones genéticamente diferenciadas de *Z. quitzeoensis* y otras especies (Domínguez-Domínguez 2008, Pérez-Rodríguez *et al.* 2009, Domínguez-Domínguez *et al.* 2010) las cuales se generaron en una larga historia evolutiva que involucra los cambios acumulados en millones de años y que forma parte del acervo genético de la especie. En ese sentido, si las políticas de conservación de especies no toman en cuenta el acervo genético de éstas o de las poblaciones, muy difícilmente se logrará conservar el potencial evolutivo de la especie y con ello su capacidad de persistir a largo plazo.

Es evidente que las actividades humanas han generado un desastre ecológico cuya magnitud aun está lejos de entenderse en su totalidad. La decisión de desecar cuerpos de agua con fines agrícolas es un grave error que ha puesto en riesgo la subsistencia a largo plazo de esta especie y de otras que comparten distribución (Domínguez-Domínguez 2008, Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*b*, Pedraza-Marrón 2011).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Sitios con presencia del pez picote y principales hallazgos usando marcadores tipo microsatélite.

Sitio	Región*	Inferencias genéticas poblacionales				
		Riqueza alélica por *locus*	Heterocigosidad observada	Heterocigosidad esperada	Índice de endogamia	Cuellos de botella
El Moloya	Ameca	4.65	0.61	0.60	Positivo	No
Teuchitlán	Ameca					Sin datos
Los Veneros	Ameca					Sin datos
Lago Magdalena	Magdalena	4.20	0.60	0.65	Positivo	Sí
Los Negritos	Chapala					Sin datos
Tizapán	Chapala					Sin datos
La Platanera	Bajo Lerma	3.16	0.45	0.45	Positivo	Sí
Orandino	Bajo Lerma	5.33	0.58	0.63	Negativo	No
La Luz	Bajo Lerma	3.18	0.45	0.49	Negativo	No
Río Duero	Bajo Lerma					Sin datos
San Francisco del Rincón	Medio Lerma	2.97	0.38	0.42	Negativo	No
Zacapu	Zacapu	2.93	0.51	0.40	Positivo	Sí
San Cristóbal	Cuitzeo	3.67	0.50	0.46	Negativo	Sí
La Mintzita	Cuitzeo	3.91	0.48	0.47	Positivo	Sí
Belisario	Cuitzeo	3.93	0.45	0.48	Negativo	Sí
El Parian	Cuitzeo					Sin datos
Santa María	Cuitzeo					Sin datos

Fuente: Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*, 2007.

Todas las políticas que atentan contra la diversidad de los cuerpos de agua deben analizarse detenidamente y, en caso de que sean sumamente necesarias, llevarse a cabo de forma planificada y tomando en cuenta la protección de los recursos naturales. Por lo anterior, es imprescindible tomar medidas urgentes para revertir el deterioro de los cuerpos de agua y la pérdida de especies en Michoacán. Para el caso de *Z. quitzeoensis* es indispensable ubicar zonas que aun mantengan un hábitat estable y poblaciones saludables y genéticamente divergentes, declarar zonas de conservación que incluyan cuerpos de agua y las zonas de recarga, así como prevenir la pérdida de hábitat y contaminación de esos cuerpos de agua (véase Ecosistemas acuáticos, en esta obra).

REFERENCIAS

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006. Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary brooks parsimony analysis (BPA). *Journal of Biogeography* 33: 1437-1447.

Domínguez-Domínguez, O., L. Boto, F. Alda *et al.* 2007. Human impacts on drainages of the Mesa Central of Mexico, and its genetic effects on an endangered fish *Zoogoneticus quitzeoensis*. *Conservation Biology* 21:168-180.

Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez-Ponce de León. 2007. Los Goodeidos, peces endémicos del centro de México. *Biodiversitas* 75:12-15.

Domínguez-Domínguez, O. 2008. *Filogeografía de Zoogoneticus quitzeoensis, Xenotoca variata y Alloophorus robustus (Cyprinodontiformes: Goodeidae) en el centro de México: implicaciones taxonómicas y de conservación*. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

Domínguez-Domínguez, O., F. Alda, G. Pérez-Ponce de León *et al.* 2008*a*. Evolutionary history of the endangered fish *Zoogoneticus quitzeoensis* (Beab, 1898) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) using a sequential approach to phylogeography based on mitochondrial and nuclear DNA data. *BMC Evolutionary Biology* 8:161.

Domínguez-Domínguez, O., L. Zambrano, L.H. Escalera-Vázquez *et al.* 2008*b*. Cambios en la distribución de Goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:501-512.

Domínguez–Domínguez, O. y E. Vázquez-Domínguez. 2009. Filogeografía: aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32(1):57-68.

Domínguez-Domínguez, O., C. Pedraza-Lara, N. Gurrola-Sánchez *et al.* 2010. Historical biogeography of the Goodeinae (Cyprinodontiforms). En: *Viviparous fishes II*. Uribe-Aranzabal, M.C. y H. Grier (eds.). New Life Publications, Florida, pp. 33-74.

Guzmán A., J.N. 1985. La desecación de la ciénega de Zacapu: orígenes y consecuencias. *Tzintzun* 2:26-37.

Lage, C. e I. Kornfield. 2006. Reduced genetic diversity and effective population size in an endangered Atlantic salmon (*Salmo salar*) population from Maine, EUA. *Conservation Genetics* 7:91-104.

Mesquita, N., B. Hanfling, G.R. Carvalho y M.M. Coelho. 2005. Phylogeography of the cyprinid *Squalius aradensis* and implications for conservation of the endemic freshwater fauna of southern Portugal. *Molecular Ecology* 14:1939-1954.

Pedraza-Marrón, C.R. 2011. *Cambios en la distribución de los peces de agua dulce del centro de México y sus posibles causas antropogénicas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pérez-Rodríguez, R., O. Domínguez-Domínguez, G. Pérez-Ponce de León e I. Doadrio. 2009. Phylogenetic relationships and biogeography of the genus *Algansea* Girard 1856 (Cypriniformes: Cyprinidae) from central Mexico inferred from molecular data. *BMC Evolutionary Biology* 9:223.

Salgueiro, P.G., M.J. Carvalho, M. Collares-Pereira y M. Coelho. 2003. Microsatellite analisis of genetic population structure of the endangered cyprinid *Anaecypris hispanica* in Portugal: implications for conservation. *Biological Conservation* 109:47-56.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM 059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ

INTRODUCCIÓN

El centro de México es una región con una larga historia geológica que se remonta al menos hasta el mioceno (30 millones de años; Ferrari *et al.* 2000). Es una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, además cuenta con una rica historia paleoclimática (Israde-Alcántara *et al.* 2010, Domínguez-Domínguez *et al.* 2010), lo que generó un complejo sistema hidrológico caracterizado por el dinamismo en la formación y destrucción, conexión, desconexión y desecación de cuerpos de agua. Estas características dieron origen a un complejo paisaje genético entre los peces que habitan en los cuerpos de agua de Michoacán (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*).

El estado posee una inusual riqueza de peces y un alto número de endemismos (véase Peces, en esta obra). El concepto de riqueza crece exponencialmente si se analiza a la luz de la historia evolutiva de las especies, ya que toma en cuenta la variación genética entre poblaciones de una misma especie, en una escala espacial (distribución geográfica) y temporal (asilamiento histórico; Domínguez-Domínguez *et al.* 2010).

Debido a que el objetivo actual de la biología de la conservación no sólo es conservar a la especie como identidad taxonómica, sino preservar su diversidad genética y su potencial evolutivo, la conservación de la diversidad biológica en esos ecosistemas debería ir más allá de la visión actual basada en la riqueza y los endemismos.

Lo anterior se traduce en la necesidad de conservar todas aquellas poblaciones que presenten diferencias genéticas dentro de una especie, para lo que han surgido conceptos como el de conservación filogenética y unidades operativas de conservación (UOC), este último se define como un área continua limitada por barreras geográficas bien definidas y habitada por una o más poblaciones que comparten el mismo patrón genético y diversidad genética considerable.

Este concepto asume que la conservación, como unidad, puede garantizar la viabilidad de las poblaciones a largo plazo y también su potencial evolutivo (Doadrio *et al.* 1996).

UNIDADES OPERATIVAS DE CONSERVACIÓN

Estudios genéticos recientes han puesto de manifiesto la estructuración y diferencias genéticas entre poblaciones de diferentes familias que habitan cuencas del centro del país y de Michoacán (Mateos *et al.* 2002, Doadrio y Domínguez-Domínguez 2004, Mateos 2005, Domínguez-Domínguez 2008, Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*, 2008*a*, 2010; Pérez-Rodríguez *et al.* 2009, Bloom *et al.* 2009, Ornelas-García *et al.* 2012, Corona-Santiago 2013). Tomando en cuenta esos trabajos, la distribución de los endemismos de peces y las recomendaciones realizadas en algunos de ellos para establecer UOC en Michoacán, se recomienda el reconocimiento de al menos diez de estas unidades en el estado, las cuales, en conjunto, resguardan la diversidad genética de las especies estudiadas, así como los endemismos registrados, por lo que son de gran importancia para la conservación (cuadro 1).

Cabe señalar que no todas las especies y poblaciones de peces del estado han sido estudiadas desde una base genética, así como que tampoco han sido incluidas especies o poblaciones de todos los cuerpos de agua y regiones del estado, por lo que este es un primer esfuerzo por establecer unidades de conservación, aunque sin duda el trabajo que queda pendiente es enorme.

Río Lerma

Se ha dividido en tres UOC: la parte alta, media y baja. En la parte alta del río Lerma, que incluye la región río arriba de la cortina de la presa Tepuxtepec, se presenta la carpita de Maravatío (*Notropis marhabatiensis*), una especie microendémica que habita arroyos y manantiales en los alrededores de la ciudad de Maravatío; también están presentes otras especies representativas de la región del Alto Lerma, como el mexcalpique amarillo (*Girardinichthys multiradiatus*; figura 1).

En la región del Medio Lerma, a pesar de no contar con endemismos, se han identificado poblaciones

Domínguez-Domínguez, O. 2019. Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 57-62.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Unidades operativas de conservación (UOC) propuestas para Michoacán.

Región o cuerpo de agua[1]	Sección	Número de especies nativas resguardadas	Especies relevantes	Provincias fisiográficas
Lerma	Alta	10	*Notropis marhabatiensis* (ME)	Altiplanicie y Sistema Volcánico Transversal
	Media	18	*Xenotoca variata* (G) *Notropis calientis* (G) *Zoogoneticus quitzeoensis* (G)	Sistema Volcánico Transversal
	Baja	20	*Zoogoneticus quitzeoensis* (G) *Alloophorus robustus* (G)	Altiplanicie y Sistema Volcánico Transversal
Balsas	Alta	6	*Chapalichthys pardalis* (E) *Allotoca dugesii* (G)	Sistema Volcánico Transversal
	Baja	16	*Ictalurus balsanus* (E) *Poeciliopsis balsas* (E) *Neoophorus regalis* (E) *Poecilia maylandi* (E) *Atherinella balsana* (E) *Notropis moralesi* (E)	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Zirahuén		7	*Allotoca meeki* (E)	Sistema Volcánico Transversal
Pátzcuaro		10	*Allotoca diazi* (E) *Algansea lacustris* (E) *Skiffia lermae* (G)	Sistema Volcánico Transversal
Cuitzeo		18	*Aztecula sallaei* (G) *Chirostoma charari* (ME) *Hubbsina turneri* (E) *Lampetra geminis* (E) *Moxostoma austrinum* (G) *Skiffia lermae* (G) *Xenotoca variata* (G)	Sistema Volcánico Transversal
Zacapu		12	*Notropis grandis* (E) *Allotoca zacapuensis* (E) *Hubbsina turneri* (R) *Xenotoca variata* (G) *Skiffia lermae* (G)	Sistema Volcánico Transversal
Chapala		20	*Lampetra spadicea* (E) *Algansea popoche* (E) *Ictalurus dugesii* (E) *Chirostoma lucius* (E) *Chirostoma promelas* (E) *Chirostoma sphyraena* (E) *Xenotoca variata* (G)	Altiplanicie

[1]De acuerdo con Domínguez-Domínguez *et al.* 2006, se incluyen sólo las especies que han sido registradas en Michoacán.
E: endémica, ME: microendémica, G: con base en datos genéticos, R: relicto.
Fuente: Mateos *et al.* 2002, Doadrio y Domínguez-Domínguez 2004, 2008; Mateos 2005, Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*, 2008*a*, 2010; Pérez-Rodríguez *et al.* 2009, Bloom *et al.* 2009, Ornelas-García *et al.* 2012, Corona-Santiago 2013 (véase Peces, en esta obra).

genéticamente diferenciadas de algunas especies que se distribuyen corriente abajo o en lagos aledaños, tal es el caso de la pintada (*Xenotoca variata*; figura 2), el pez picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*) y la carpita amarilla (*Notropis calientis*; figura 3), lo que le garantiza el reconocimiento como una UOC.

La parte del Bajo Lerma presenta una serie de endemismos de la subfamilia Goodeinae y de la familia Atherinopsidae que comparte con el lago de Chapala, además de que las poblaciones de *Z. quitzeoensis* y *Alloophorus robustus* que habitan esa región están genéticamente diferenciadas de poblaciones que habitan cuerpos de agua aledaños o incluso aguas arriba del río Lerma; trabajos aun no publicados indican que otras especies dentro de los ciprínidos y catostómidos siguen este mismo patrón.

Río Balsas

En esta región deben considerarse al menos dos UOC. La primera de ellas es la porción alta de los tributarios que drenan la parte del Sistema Volcánico Transversal, por arriba de los 1 500 msnm, en los cuales habita una

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Mexcalpique amarillo (*Girardinichthys multiradiatus*), especie cuya distribución se restringe al Alto Lerma y a la parte alta del río Tuxpan. Foto: Juan Carlos Merino.

FIGURA 2. La pintada (*Xenotoca variata*), ampliamente distribuida en diversas UOC. Foto: Ivette Marai Villa Villaseñor.

FIGURA 3. Carpita amarilla (*Notropis calientis*). Las poblaciones distribuidas en el Medio Lerma del estado están genéticamente diferenciadas del resto de las poblaciones distribuidas en otras cuencas. Foto: Nayeli Gurrola Sánchez.

importante representación de especies características de los cuerpos de agua de dicho sistema (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*), como lo es el pintito de Tocumbo (*Chapalichthys pardalis*), el mexcalpique amarillo (*Girardinichthys multiradiatus*), el tiro (*Allotoca dugesii*), la carpa azteca (*Aztecula sallaei*), entre otras, y cuyo aislamiento histórico ha provocado que algunas de esas especies se diferencien genéticamente de sus poblaciones vecinas.

La segunda incluye las zonas bajas de la cuenca, donde habitan representantes de la fauna neotropical (poecílidos, carácidos y cíclidos) y fauna de origen neártico (ictalúridos, goodeinos y ciprínidos), con algunos endemismos (cuadro 1). Las especies de esta amplia región del bajo Balsas no han sido estudiadas desde una base genética, por lo que las recomendaciones de conservación podrán cambiar una vez que se inicie con dichos estudios.

La cuenca del río Coahuayana ha sido poco estudiada, y el conocimiento de las especies que habitan en dicha zona y del acervo genético de sus poblaciones es limitado, por lo que son necesarios más estudios que puedan respaldar y profundizar en la información para poder considerarla una UOC.

Lagos y lagunas

Estos cuerpos de agua también han sido identificados como UOC independientes debido al grado de endemismos de peces y la diferenciación genética entre poblaciones. La región de Zirahuén está conformada por el vaso lacustre, el río La Palma y el manantial de Opopeo. Hace 20 años la región albergaba siete especies de peces, de las cuales seis han sido consideradas subespecies (De Buen 1947), además de la especie endémica tiro de catarina (*Allotoca catarinae*); sin embargo, la introducción de la lobina (*Micropterus salmoides*) ha hecho que los peces de la subfamilia Goodeinae desaparezcan del vaso lacustre, quedando únicamente poblaciones de dos de ellas (*A. catarinae* y *Goodea atripinnis*) restringidas al manantial de Opopeo.

En 2009 se introdujo lobina en el manantial de Opopeo, único relicto de las dos especies de goodeidos que aun existían en la región; desde entonces las poblaciones se redujeron paulatinamente, hasta que en el año 2013 ya no fueron colectados organismos de estas especies en el cuerpo de agua. Especialmente *A. catarinae* representa un acervo genético único (Corona-Santiago 2013), por lo que esta cuenca debe ser considerada una UOC, siendo urgente detener la introducción de especies exóticas como la lobina.

El lago de Pátzcuaro también presenta un importante número de endemismos, como el chorumo (*Allotoca diazi*) y el acumara (*Algansea lacustris*), mientras que algunas poblaciones de especies distribuidas de forma amplia presentan diversidad genética considerablemente alta en el lago, como es el caso de la chehua (*Alloophorus robustus*; figura 4) y *Allotoca diazi* (Domínguez-Domínguez 2008, Corona-Santiago 2013). Sin embargo, actualmente son especies consideradas escasas en el vaso lacustre y algunas sólo sobreviven en manantiales alrededor de la cuenca (Corona-Santiago 2013, Ramírez-Herrejón *et al.* 2014), por lo que el lago de Pátzcuaro debe ser considerado como una UOC.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. *Alloophorus robustus*, especie ictiófaga que habita en varias UOC del estado. Foto: Ivette Marai Villa Villaseñor.

La región de Cuitzeo también debe calificarse como una UOC, ya que está compuesta por varios manantiales con diferentes características, y por la diversidad de especies que alberga. Uno de los manantiales que destaca por ello (13 especies) y por la identidad genética de las poblaciones de peces que lo habitan con respecto a otras poblaciones dentro de la cuenca de Cuitzeo, es el manantial de La Mintzita (Domínguez-Domínguez 2008, Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*, 2010), una zona decretada como área natural protegida (ANP) sujeta a preservación ecológica en 2005.

La situación de esta unidad es preocupante, ya que el vaso lacustre y sus alrededores están fuertemente degradados. Es la única región en el estado para la que se reporta la extinción de la especie *Chirostoma charari* (véase Peces, en esta obra) y la extirpación de especies como la cherehuita (*Hubbsina turneri*), mientras que muchas otras presentan poblaciones muy reducidas, como la lamprea (*Lampetra geminis*), el matalote (*Moxostoma austrinum*), la carpa azteca (*Aztecula sallaei*), la carpa amarilla (*Notropis calientis*) y el tiro rayado (*Neotoca bilineata*). La mayoría de las especies aquí registradas sobreviven solo en manantiales ubicados en las partes altas de las cuencas, como son los de la zona de Chiquimitio, La Maiza y Umécuaro, entre otros.

El lago de Zacapu, representado actualmente por un lago remanente de 15 ha y algunos manantiales circundantes (Naranja de Tapia, Tarejero, Bellas Fuentes, entre otros), que persistieron después de la desecación de la antigua ciénaga de más de 12 mil hectáreas, a principios de 1900 (Arroyo-Terán 2008), resguarda una riqueza única de peces (11 especies). Dos son endémicas, una ha desaparecido de casi todo su rango de distribución, excepto del lago de Zacapu (relicto), además de que algunas especies presentan un acervo genético único que difiere de manera importante de poblaciones distribuidas en cuerpos de agua aledaños, incluyendo el río Lerma, al cual drena sus aguas (Domínguez-Domínguez 2008, Domínguez-Domínguez *et al.* 2010). Este lago fue declarado ANP en 2003, y aunque todas las poblaciones de peces históricamente registradas en la zona aún persisten, la diversidad genética de algunas de ellas está por debajo de lo que puede considerarse aceptable (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*).

Por su parte, en la porción del lago de Chapala que corresponde al estado se han registrado 20 especies de peces, incluyendo uno de los últimos reductos del bagre endémico del Lerma (*Ictalurus dugesii*), así como poblaciones genéticamente diferenciadas de otras especies de peces (Domínguez-Domínguez 2008). Sin embargo, a pesar de que es una responsabilidad compartida con Jalisco y en general con toda la cuenca de captación del río Lerma, es de las zonas más degradadas del vaso lacustre y ha registrado la mayor desaparición de especies nativas, ya que ocho de las 20 especies registradas no se han colectado en los últimos 10 años (Pedraza-Marrón 2011).

CONCLUSIONES

En las regiones biogeográficas acuáticas que se tienen en Michoacán, y con los datos con los que se cuenta actualmente, se identifican 10 UOC en siete cuerpos de agua (cuadro 1). Cada una resguarda un importante número de especies relevantes para la conservación (tanto endemismos como poblaciones genéticamente diferenciadas), por lo cual deben ser consideradas unidades de conservación independientes.

Se debe tomar en cuenta que algunas especies de mayor talla y ampliamente distribuidas presentan algún grado de conectividad genética, es decir, que ocurren movimientos de organismos a lo largo de regiones que actualmente están interconectadas. Como ejemplo se

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tiene el río Lerma, a lo largo del cual se ubicaron tres UOC (cuadro 1), pero que en especies como *Alloophorus robustus* (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*), *Algansea tincella, Moxostoma austrinum* y *Yuriria alta* (Pérez-Rodríguez 2015) se ha visto que existe reproducción aleatoria de las poblaciones registradas a lo largo de esta cuenca, por lo que mantener los corredores por donde dichas especies se desplazan, de una UOC a otra, es un elemento crucial en el mantenimiento de la diversidad genética de éstas y quizás otras especies aún no evaluadas.

Debido al grado de contaminación y deterioro de los hábitats acuáticos en el estado, muchas especies han desaparecido en gran parte de su rango de distribución (véase Estudio de caso. Estado de conservación y amenazas a los peces nativos, en esta obra). Algunos manantiales, distribuidos a lo largo y ancho de las cuencas, son los últimos reservorios de gran parte de la riqueza específica y genética de peces del estado, por lo que es crucial poner especial cuidado en la conservación y mantenimiento de la integridad biológica y ecológica de estos sistemas que están sirviendo como islas de riqueza rodeadas por un panorama de devastación (Soto-Galera *et al.* 1999, Lyons *et al.* 2000, De la Vega-Salazar 2003, Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*b*, 2008*b*).

No todas las especies de peces han sido estudiadas desde una base genética, por lo que es importante desarrollar estudios que ayuden a plantear mejores estrategias de conservación, ya que la diversidad genética es un elemento fundamental para que los organismos mantengan su potencial evolutivo, se adapten a su ambiente y logren un éxito reproductivo (adecuación), todo lo cual representa el objetivo primordial de la biología de la conservación. Las estrategias que estén basadas en la especie únicamente como unidad taxonómica, sin tomar en cuenta su diversidad genética, pueden estar condenadas al fracaso en el largo plazo.

Aun más preocupante es el caso del río Coahuayana y los ríos que drenan la zona costera, regiones que no han sido exploradas; por lo tanto, no se sabe la composición taxonómica y mucho menos el acervo genético que albergan, por lo que no se tienen antecedentes que permitan la recomendación objetiva de unidades de conservación. En ese sentido es recomendable iniciar trabajos de investigación tendientes a conocer no sólo las especies que habitan estos ríos, sino el acervo genético que mantienen.

REFERENCIAS

Arroyo-Terán, C. 2008. *El paisaje en la conformación de los asentamientos de la ciénega de Zacapu, Michoacán, México. Siglos XVI-XVII.* Tesis de maestría en arquitectura. UMSNH, Morelia.

Bloom, D.D., K.R. Piller, J. Lyons *et al.* 2009. Systematics and biogeography of the Silverside Tribe Menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) based on the mitochondrial ND2 Gene. *Copeia* 2:408-417.

Corona-Santiago, D.K. 2013. *Filogeografía de tres especies de goodeidos endémicos del centro de México: Allotoca diazi, A. meeki y A. catarinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae).* Tesis del programa institucional de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

De Buen, F. 1947. Los lagos michoacanos I. Caracteres generales. El lago de Zirahuen. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 4:11-232.

De la Vega-Salazar, M.Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* 72:20-30.

Doadrio, I., A. Perdices y A. Machordom. 1996. Allozymic variation of the endangered killifish *Aphanius iberus* and its application to conservation. *Environmental Biology of Fishes* 45:259-271.

Doadrio, I. y O. Domínguez Domínguez. 2004. Phylogenetic relationships within the fish family Goodeidae based on cytochrome b sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31:416-430.

Domínguez-Domínguez, O. 2008. *Filogeografía de Zoogoneticus quitzeoensis, Xenotoca variata y Alloophorus robustus (Cyprinodontiformes: Goodeidae) en el centro de México: implicaciones taxonómicas y de conservación.* Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006*a*. Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary brooks parsimony analysis (BPA). *Journal of Biogeography* 33: 1437-1479.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano-González y G. Pérez-Ponce de León. 2006*b*. Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: live-bearing fishes in central Mexico. *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Domínguez-Domínguez, O., F. Alda, G. Pérez-Ponce de León *et al.* 2008*a*. Evolutionary history of the endangered fish *Zoogoneticus quitzeoensis* (Beab, 1898) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) using a sequential approach to phylogeography based on mitochondrial and nuclear DNA data. *BMC Evolutionary Biology* 8:161.

Domínguez-Domínguez, O., L. Zambrano, L.H. Escalera-Vázquez *et al.* 2008*b*. Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:501-512.

Domínguez-Domínguez, O., C. Pedraza-Lara, N. Gurrola-Sánchez *et al.* 2010. Historical biogeography of the Goodeinae (Cyprinodontiforms). En: *Viviparous fishes II.* M.C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). New Life Publications, Florida, pp. 33-74.

Ferrari, L., S. Conticelli, G. Vaggelli *et al.* 2000. Late miocene volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the trans-mexican volcanic belt. *Tectonophysics* 318:161-185.

Israde-Alcántara, I., W.E. Miller, V.H. Garduño-Monroy *et al.* 2010. Palaeoenvironmental significance of diatom and vertebrate fossils from late cenozoic tectonic basins in west-central México: a review. *Quaternary International* 219:79-94.

Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo *et al.* 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia* 418:57-72.

Mateos, M., O.I. Sanjur y R.C. Vrijenhoek. 2002. Historical biogeography of the fish genus *Poeciliopsis* (Cyprinodontiformes). *Evolution* 56:972-984.

Mateos, M. 2005. Comparative phylogeography of the genera *Poecilia* and *Poeciliopsis* in central Mexico. *Journal of Biogeography* 32:775-780.

Ornelas-García, C.P., F. Alda, E. Díaz-Pardo *et al.* 2012. Genetic diversity shaped by historical and recent factors in the live-bearing twoline skiffia *Neotoca bilineata. Journal of Fish Biology* 81:1963-1984.

Pedraza-Marrón, C. 2011. *Cambios en la distribución de los peces de agua dulce del centro de México y sus posibles causas antropogénicas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pérez-Rodríguez, R., O. Domínguez-Domínguez, G. Pérez-Ponce de León e I. Doadrio. 2009. Phylogenetic relationships and biogeography of the genus *Algansea* Girard 1856 (Cypriniformes: Cyprinidae) from central Mexico inferred from molecular data. *BMC Evolutionary Biology* 9:223.

Pérez-Rodríguez R. 2015. *Biogeografía histórica de cuatro especies de peces de agua dulce del centro de México: Algansea tincella, Notropis calientis, Yuriria alta y Moxostoma austrinum.* Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Ramírez-Herrejón, J.P., L. Zambrano, N. Mercado-Silva *et al.* 2014. Long term changes in the fish fauna of lago de Pátzcuaro in central México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1):137-149.

Soto-Galera, E., E. Díaz-Pardo, E. López-López y J. Lyons. 1999. Fish as indicators of environmental quality in the río Lerma basin, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1:267-276.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ

INTRODUCCIÓN

La descripción de especies nuevas recae en el reconocimiento de diferencias en los caracteres distintivos de una especie con relación a sus congéneres más cercanos. En general esos caracteres se refieren a rasgos morfológicos o anatómicos que son "fácilmente" distinguibles; sin embargo, el problema principal radica en qué tanta variación se considera suficiente o necesaria para poder juzgar a una población como una especie nueva, más aún cuando en ocasiones la forma y función de las estructuras anatómicas (fenotipo) pueden ser influidas por el ambiente.

La sistemática intenta describir la diversidad de la vida basándose en las relaciones evolutivas entre las especies, es decir, se basa en el principio de ancestría-descendencia, donde especies estrechamente relacionadas deben compartir un ancestro evolutivo en común (Llorente-Bousquets y Luna 1994).

El uso de marcadores moleculares utilizados de forma cada vez más rutinaria ha revolucionado la sistemática y el descubrimiento de especies nuevas. Esos marcadores han constituido una herramienta poderosa que muestra la historia evolutiva de las especies, es decir, cómo la diversidad de un grupo ha ido formándose y transformándose en el espacio y el tiempo (Domínguez-Domínguez y Vázquez-Domínguez 2009).

La mayoría de los marcadores moleculares no son influidos por el ambiente y cada par de bases en el genoma es susceptible de ser usado como un caracter independiente, lo que se traduce en una gran cantidad de información que puede utilizarse en el proceso de diferenciación de grupos genéticamente distinguibles.

Además, los métodos desarrollados en los últimos años permiten hacer inferencias sobre aspectos que tienen que ver con los eventos y procesos que llevaron a la formación de la especie en cuestión, lo que genera información más robusta en torno a su identidad taxonómica (Domínguez-Domínguez y Vázquez-Domínguez 2009). Si las herramientas moleculares son usadas a la par de otro tipo de información (morfológica, merística, etológica, osteológica, etc.), la certidumbre en la identificación y descripción de la nueva entidad taxonómica se incrementa.

DESCRIPCIÓN DE NUEVAS ESPECIES

En los últimos cinco años, en Michoacán se han descrito tres especies nuevas de peces (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008, 2009), usando como base la información molecular en combinación con datos morfológicos y merísticos (conteos de rasgos numéricos como las escamas, radios, espinas, etc.).

La primer especie descrita con este tipo de análisis, es el picote purépecha (*Zoogoneticus purhepechus*; figura 1), nombrado así en honor al pueblo purépecha y cuya localidad tipo es el manantial La Luz, en la región del Bajo Lerma, cerca de la ciudad de Zamora, en la Altiplanicie. Esa nueva especie fue inferida con base en las divergencias genéticas (3.4% de diferencias genéticas en el gen mitocondrial citocromo b) con respecto a su especie hermana, *Z. quitzeoensis*, distribuida en la región del Medio Lerma y los lagos Zacapu y Cuitzeo, en la región del Sistema Volcánico Transversal, además de diferencias físicas, particularmente en los conteos de los radios dorsales y medidas morfométricas. La descripción de esta nueva especie pone de manifiesto el aislamiento histórico que ha ocurrido entre las regiones del medio y Bajo Lerma, así como la influencia del Corredor Volcánico Tarasco en la historia evolutiva de los peces de la región, todos ellos ubicados dentro de la región del Sistema Volcánico Transversal (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008).

Las otras dos especies que han sido descritas pertenecen a la familia Cyprinidae. Una de ellas es la carpita de Zacapu (*Notropis grandis*; figura 2), endémica del lago de Zacapu, lleva este nombre debido a su tamaño relativamente grande con respecto a sus especies hermanas. Esta especie se diagnosticó con base en las diferencias genéticas con sus congéneres, que fueron de 6.3 a 8.1% en el gen mitocondrial citocromo b, además del número de escamas, radios en la aleta dorsal y branquiespinas (Domínguez-Domínguez *et al.*

Domínguez-Domínguez, O. 2019. El uso de marcadores moleculares en la descripción de nuevas especies de peces. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 63-65.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Picote purépecha (*Zoogoneticus purepechus*). Especie distribuida en la región del Bajo Lerma, Chapala, río Ameca y Sayula. Ilustración: Aslam Narváez Parra/Banco de Imágenes CONABIO.

2009). Esa nueva especie sitúa al lago de Zacapu como una zona prioritaria para la conservación de la diversidad de peces de Michoacán, además de reafirmar su designación como unidad operativa de conservación, a pesar de que actualmente está unida al río Lerma (veáse Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces, en esta obra).

La tercera especie es la carpita de Maravatío (*Notropis marhabatiensis*), endémica de los alrededores de la ciudad de Maravatío, en el Alto Lerma, y cuya localidad tipo y sitio donde habita actualmente es el manantial San Miguel, utilizado como alberca y zona de lavaderos. Esta nueva especie fue diagnosticada con base en las divergencias genéticas de 6.1 a 7.4% en el gen mitocondrial citocromo b, además de la diferencia en el número de radios de la aleta pélvica, escamas transversales y coloración (Domínguez-Domínguez *et al.* 2009). Esta descripción apoya la separación histórica entre la región del alto y Medio Lerma; esa especie se viene a sumar a una larga lista de endemismos representativos de la región del Alto Lerma (véase Peces, en esta obra).

CONCLUSIONES

Con el descubrimiento de nuevas especies endémicas resalta la importancia y necesidad de conservación de las regiones o cuerpos de agua donde se distribuyen. Asimismo, queda evidencia de que aquellas especies que anteriormente eran reconocidas como de amplia distribución se convierten en otras entidades taxonómicas independientes, aunque de distribución más restringida, por lo que la prioridad de conservación se modifica al tratarse de especies o poblaciones de distribución limitada y con posibilidades de ser ubicadas en alguna categoría de riesgo.

La descripción de esas y otras especies nuevas no sólo impacta en el descubrimiento de especies hasta hace poco desconocidas, o en el aumento de la riqueza de especies del estado, sino que deja de manifiesto el desconocimiento que existe en torno a la diversidad biológica real que albergan los cuerpos de agua, incluso en grupos relativamente bien estudiados, por lo que los trabajos encaminados a conocer la diversidad biológica, desde su componente genético, deben ser prioritarios, ya que al desconocer la riqueza y diversidad de especies con las que se cuenta, no será posible establecer políticas y estrategias viables de conservación.

Se sugiere que a pesar del desconocimiento y de la grave crisis del agua que se vive en la actualidad, las políticas de conservación y gestión de los organismos dulceacuícolas, incluyendo los peces, deben encaminarse a: 1) proteger el hábitat de las especies y poblaciones de las que ya se conoce su importancia; 2) aplicar las leyes y reglamentos existentes en materia de uso sustentable y conservación de recursos acuáticos; 3) dar seguimiento y evaluar la función de las áreas naturales protegidas como herramientas para la protección de la diversidad biológica (p.e. La Mintzita); 4) aumentar el número de áreas naturales protegidas encaminadas a preservar la diversidad biológica acuática, sobre todo aquellas que actualmente sirven como refugio a especies en riesgo, como los grandes manantiales, algunos de los cuales se usan como áreas recreativas (Camécuaro, manantiales de Orandino, La Luz, San Miguel y Tocumbo) y que están muy lejos de seguir una estrategia de conservación eficaz; finalmente, 5) conservar no sólo los cuerpos de agua, sino las zonas de recarga de esos manantiales, lo cual no sucede en ninguna de las áreas naturales protegidas decretadas actualmente (La Mintzita y Zacapu).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Carpita de Zacapu (*Notropis grandis*). Especie endémica del lago de Zacapu. Foto: Torben Lyng.

REFERENCIAS

Domínguez-Domínguez, O., R. Pérez-Rodríguez e I. Doadrio. 2008. Morphological and genetic comparative analyses of populations of *Zoogoneticus quitzeoensis* (Bean, 1898) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from central Mexico, with description of a new species. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:373-383.

Domínguez-Domínguez, O., R. Pérez-Rodríguez, L.H. Escalera-Vázquez e I. Doadrio. 2009. Two new species of the genus *Notropis* Rafinesque, 1817 (Actinopterygii: Cyprinidae) from the Lerma River Basin in Central Mexico. *Hidrobiológica* 19:159-172.

Domínguez-Domínguez, O. y E. Vázquez-Domínguez. 2009. Filogeografía: aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32(1):59-70.

Llorente-Bousquets, J. e I. Luna. 1994. *Taxonomía Biológica*. Fondo de Cultura Económica, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Diversidad genética de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas y estuarinos

GERARDO PÉREZ PONCE DE LEÓN Y MARTÍN GARCÍA VARELA

INTRODUCCIÓN

Los helmintos representan a un grupo de organismos metazoarios (es decir, multicelulares) que se caracterizan por su forma de vida parásita y su aspecto parecido a un gusano (vermiforme). Son muy comunes como parásitos de vertebrados silvestres y en México se han estudiado por más de 85 años y se han analizado cerca de 25% de las especies de vertebrados que existen en el país. De éstos, se han registrado 1 900 especies de helmintos, incluidos en cuatro grandes grupos (Pérez-Ponce de León *et al.* 2011): platelmintos (gusanos planos), acantocéfalos (gusanos con cabeza espinosa), nemátodos (gusanos cilíndricos) y anélidos (sanguijuelas).

Michoacán es quizás uno de los estados del país en donde se ha realizado el mayor número de estudios helmintológicos, analizando principalmente la fauna de vertebrados en ambientes dulceacuícolas (García-Prieto *et al.* 2014*a-c*). Los helmintos han sido estudiados con base en caracteres tradicionales que utilizan el reconocimiento de estructuras morfológicas en el estado adulto (taxonomía alfa) tales como la forma y disposición de los órganos reproductores, o estructuras que se encuentran en la región anterior donde están los órganos de fijación (ventosas). Sin embargo, desde hace más de una década se incorporó en México el uso de marcadores moleculares en helmintos parásitos, lo cual abrió nuevas posibilidades para la adecuada descripción de la biodiversidad, no sólo a través del establecimiento de límites más precisos entre especies, sino también para el reconocimiento de especies crípticas (aquellas morfológicamente indistinguibles entre sí, pero genéticamente distintas), la generación de hipótesis de parentesco y el estudio de ciclos de vida (Pérez-Ponce de León y Nadler 2010, Nadler y Pérez-Ponce de León 2011).

Si bien no se cuenta con estudios exclusivos para Michoacán, en términos de la diversidad genética de los helmintos las muestras recolectadas en peces del estado han sido utilizadas en un contexto más amplio, como base de diferentes estudios; existen cinco estudios de sistemas parásito-hospedero que incluyen a helmintos en peces dulceacuícolas y estuarinos de Michoacán.

Al estudiar la distribución espacial de la variación genética en cuencas hidrológicas del centro de México, Mejía-Madrid *et al.* (2007) utilizaron secuencias del gen mitocondrial *Cox1* en poblaciones del nemátodo *Rhabdochona lichtenfelsi* (figura 1), especie descrita originalmente como parásito de goodeidos en los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo. Este estudio incluyó muestras del nemátodo en goodeidos de seis localidades de Michoacán, encontrando una elevada diversidad genética entre ellas, lo que implica que existen diferencias entre las poblaciones, pero que no son lo suficientemente grandes como para considerar que son especies diferentes. Estos autores concluyeron que la distribución del nemátodo no corresponde con la actual configuración de las cuencas hidrológicas del centro de México, sino con la manera como esas mismas cuencas estaban configuradas en el pasado, durante el plioceno y pleistoceno, periodos de la era cenozoica que abarcan de 1 a 11.5 millones de años.

FIGURA 1. Fotomicrografía de microscopía electrónica de barrido de *Rhabdochona lichtenfelsi*, parásito de goodeidos en el centro de México. Foto: Berenit Mendoza Garfias.

Pérez-Ponce de León, G. y M. García-Varela. 2019. Diversidad genética de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas y estuarinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 67-70.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Fotomicrografía de *Phyllodistomum* sp., parásito de la vejiga urinaria del bagre *Ictalurus dugesii* de la presa San Juanico. Foto: Berenit Mendoza Garfias.

FIGURA 3. Fotomicrografía de *Neoechinorhynchus mamesi*, parásito de eleótridos en lagunas costeras del Pacífico Mexicano. Foto: Carlos Pinacho-Pinacho.

En otro estudio, Rosas-Valdez *et al.* (2011) realizaron un análisis de prospección molecular de un platelminto denominado *Phyllodistomum lacustri,* que habita en la vejiga urinaria de ictalúridos (bagres o peces gato) de Norteamérica, utilizando un gen ribosomal (28S rRNA) y uno mitocondrial (*Cox1*). Los autores incluyeron en el estudio muestras del bagre *Ictalurus dugesii* de la presa San Juanico (entre otras localidades de todo el país e incluso de EUA y Canadá), concluyendo que los platelmintos en *I. dugesii* representaban una especie críptica, aún no descrita para la ciencia (figura 2). Este estudio mostró que existen diferencias genéticas entre las poblaciones del parásito en peces de Michoacán con respecto a las de otras partes de América del Norte.

Pinacho-Pinacho *et al.* (2012) describieron una nueva especie de acantocéfalo parásito del popoyote (*Dormitator latifrons*), un pez estuarino reportado en Chiapas, utilizando análisis moleculares del gen ribosomal 28S y del mitocondrial *Cox1*. La comparación con muestras de acantocéfalos recolectados de la misma especie de hospedero en otras partes del Pacífico mexicano, incluyendo las localidades de Barra de Pichi, esteros Mexcalhuacán, Huahua y Boca de Apiza, en el litoral michoacano, fue fundamental para diferenciar a la nueva especie (*Neoechinorhynchus mamesi*; figura 3). También con este trabajo se demostró la existencia de diferencias genéticas entre los acantocéfalos que parasitan a los peces de Michoacán y aquellos de Chiapas, que fueron reconocidos como una especie diferente.

Más recientemente, Alcántar-Escalera *et al.* (2013) utilizaron el denominado código de barras de ADN (DNA *barcoding*, en inglés) con secuencias de *Cox1* para determinar que las larvas del acantocéfalo *Polymorphus brevis* (figura 4) representan una misma especie en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Fotomicrografía de microscopía electrónica de barrido de la larva de *Polymorphus brevis*, parásito del mesenterio de peces de agua dulce del centro de México. Foto: Berenit Mendoza Garfias.

peces dulceacuícolas del centro de México, y para establecer que también representa la misma especie con respecto a las formas adultas que parasitan el intestino de aves ictiófagas (que se alimentan de peces). Para este estudio consideraron muestras de 11 especies de peces endémicos (goodeidos, aterinópsidos y ciprínidos) obtenidos de seis localidades de Michoacán (Cupatziro, Las Adjuntas, lago de Camécuaro, presa Caltzontzin, lagos de Zacapu y de Pátzcuaro). El estudio reflejó que no hay diferencias genéticas entre las formas larvarias del acantocéfalo en diferentes peces y en diferentes localidades.

Finalmente, el último estudio fue realizado por Martínez-Aquino *et al.* (2013), quienes a partir de varias muestras de Michoacán (localidades en Tocumbo, Opopeo, manantiales Rico, La Mintzita y Chapultepec) y mediante el uso de marcadores moleculares en el digeneo del género *Margotrema*, parásito intestinal de goodeidos en el centro de México (figura 5), concluyeron que una especie que había sido descrita en el 2001 como parásito de la chegua *Alloophorus robustus* y de la carpita amarilla *Notropis calientis* del lago de Zacapu, era en realidad una especie ya descrita en otra región de México, por lo que propusieron que las dos especies debían tratarse como una sola; es decir, no se encontraron diferencias genéticas que sustentaran su separación como especies diferentes.

FIGURA 5. Fotomicrografía de *Margotrema bravoae*, parásito del intestino de goodeidos del centro y noroeste de México. Foto: Berenit Mendoza Garfias.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

La incorporación de caracteres moleculares ha sido fundamental en el estudio de la diversidad de helmintos que parasitan a vertebrados silvestres de México. En particular, el inventario taxonómico de helmintos que parasitan a peces dulceacuícolas en nuestro país está muy cerca de ser completado (Pérez-Ponce de León y Choudhury 2010); aun más, el uso de secuencias de ADN ha aportado elementos valiosos en la descripción de la diversidad de estos grupos de parásitos en sus hospederos y ha permitido establecer límites más precisos entre especies, así como reconocer complejos de especies crípticas.

La información taxónomica más precisa que se aporta para las especies de parásitos, al igual que para otros organismos, es fundamental para abordar diferentes aspectos de la historia evolutiva y biogeográfica de las asociaciones parásito-hospedero, principalmente en cuencas hidrológicas del centro de México. En el futuro deben realizarse más estudios sobre la diversidad genética de la flora y fauna de la región, ya que representa una zona de transición en donde se mezclan poblaciones de organismos con origen en el sur del continente y poblaciones cuyo origen es en latitudes al norte del mismo.

REFERENCIAS

Alcántar-Escalera, J., M. García-Varela, E. Vázquez-Domínguez y G. Pérez-Ponce de León. 2013. Using DNA *barcoding* to link cystacanths and adults of the acanthocephalan *Polymorphus brevis* in central Mexico. *Molecular Ecology Resources* 13:1116-1124.

García-Prieto, L., B. Mendoza-Garfias y G. Pérez-Ponce de León. 2014*a*. Biodiversidad de platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S164-S170.

García-Prieto, L., B. García-Varela y B. Mendoza-Garfias. 2014*b*. Biodiversidad de Acanthocephala en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S177-S182.

García-Prieto, L., D. Osorio-Sarabia y R. Lamothe-Argumedo. 2014c. Biodiversidad de Nematoda. Parásitos de vertebrados en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S171-S176.

Martínez-Aquino, A., S. Cecarelli y G. Pérez-Ponce de León. 2013. Molecular phylogeny of the genus *Margotrema* (Digenea: Allocreadiidae), parasitic flatworms of goodeid freshwater fishes across central Mexico: species boundaries, host specificity and geographical congruence. *Zoological Journal of the Linnean Society* 168:1-16.

Mejía-Madrid, H., E. Vázquez-Domínguez y G. Pérez-Ponce de León. 2007. Phylogeography and freshwater basins in central Mexico: recent history as revealed by the fish parasite *Rhabdochona lichtenfelsi* (Nematoda). *Journal of Biogeography* 34:787-801.

Nadler, S.A. y G. Pérez-Ponce de León. 2011. Integrating molecular and morphological approaches for characterizing parasite cryptic species: implications for parasitology. *Parasitology* 138:1688-1709.

Pérez-Ponce de León, G. y A. Choudhury. 2010. Parasite inventories and DNA-based taxonomy: lessons from helminths of freshwater fishes in a megadiverse country. *Journal of Parasitology* 96:236-244.

Pérez-Ponce de León, G. y S.A. Nadler. 2010. What we don't recognize can hurt us: a plea for awareness about cryptic species. *Journal of Parasitology* 96:453-464.

Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto y B. Mendoza-Garfias. 2011. Describing parasite biodiversity: the case of the helminth fauna of wildlife vertebrates in Mexico, En: *Changing diversity in changing environment*. Grillo, O. y G. Venora (eds.). InTech Publishers, Croacia, pp 33-54.

Pinacho-Pinacho, C.D., G. Pérez-Ponce de León y M. García-Varela. 2012. Description of a new species of *Neoechinorhynchus* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) a parasite of *Dormitator latifrons* from southwestern Mexico based on morphological and molecular characters. *Parasitology International* 61:634-644.

Rosas-Valdez, R., A. Choudhury y G. Pérez-Ponce de León. 2011. Molecular prospecting for cryptic species in *Phyllodistomum lacustri* (Platyhelminthes: Gorgoderidae). *Zoologica Scripta* 40:296-305.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra (*Chelonia mydas*)

OMAR CHASSIN NORIA

INTRODUCCIÓN

En Michoacán se encuentran playas que reciben poblaciones de tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*), golfina (*Lepidochelys olivacea*) y negra (*Chelonia mydas*), que arriban para desovar. En décadas pasadas esas poblaciones de tortugas marinas han sufrido una reducción importante debido a dos causas principales: el consumo de su carne y huevos por la falsa creencia de su efecto afrodisíaco y la pesca incidental (Plotkin 1995). A pesar de dichas presiones, en la playa La Ixtapilla, municipio de Aquila (Llanura Costera), en 1987 surgió una nueva población de golfinas que anidan en arribada (anidación de miles de tortugas en pocos días; veáse Arribadas y rastreo satelital de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Ixtapilla, en esta obra).

Cuando las poblaciones sufren una reducción de su tamaño existe la posibilidad de que se reduzca la diversidad genética, fenómeno que se asocia a la disminución en la capacidad de los organismos para sobrevivir y reproducirse (adecuación) debido a problemas asociados con la depresión por endogamia, generada por el apareamiento entre organismos emparentados (Franklin 1980, Frankham *et al.* 2002).

Se han realizado análisis de diversidad genética de tortugas que incluyen poblaciones michoacanas de tortuga laúd en el municipio de Aquila: playón de Mexiquillo (Dutton *et al.* 1999); de tortuga negra en las localidades de Colola, Maruata, Paso de Noria y Arenas Blancas (Chassin-Noria *et al.* 2004) y del stock genético (constituido por miembros de una especie que se aparean aleatoriamente manteniendo su integridad genética) de tortuga golfina, que incluyen a las poblaciones de la playa La Ixtapilla (Briseño 1998) y El Ticuiz (Rodríguez-Zarate *et al.* 2013; figura 1).

En general, los valores de diversidad genética estimados a partir de secuencias de ADN mitocondrial y microsatélites, en las poblaciones de tortugas michoacanas estudiadas (cuadro 1), son similares a los de otras poblaciones de tortugas marinas con grandes tamaños: >100 mil golfinas anidadoras en Orissa, India (Shanker *et al.* 2004); >5 mil laúd anidadoras en Surinam (Dutton *et al.* 1999); >10 mil hembras anidadoras del género *Chelonia* del norte de la gran barrera arrecifal australiana (Chassin-Noria *et al.* 2004).

En la población de tortuga golfina del Ticuiz se detectaron altos valores de diversidad genética y una distorsión de las frecuencias de alelos resultado del cuello de botella reciente, situación que es transitoria (Rodríguez-Zarate *et al.* 2013) y se puede revertir si las presiones sobre la población son eliminadas y se recupera el tamaño histórico, del que desafortunadamente no se tienen registros.

Para las tortugas laúd, negra y golfina, no se observa un efecto de reducción de la diversidad genética asociado a la disminución poblacional experimentada en décadas recientes; por ello, la amenaza inmediata sobre las tortugas marinas no se relaciona con la reducción de la diversidad genética y sus consecuencias (pérdida de plasticidad evolutiva, depresión por endogamia, entre otras), que pueden llevar a las poblaciones a la extinción después de varias generaciones (una generación de tortuga marina es superior a 30 años; Seminoff 2004). Sin embargo, la presión generada por el consumo y pesca incidental, que no ha sido eliminada, pueden llevar a las especies a su extinción en un periodo temporal inferior a una generación. Esa situación genera un escenario en el que la diversidad genética de las poblaciones actuales permite asegurar su estabilidad evolutiva, por supuesto, si se asegura la viabilidad demográfica mediante actividades de conservación en playas y océanos.

DIFERENCIACIÓN GENÉTICA Y SISTEMÁTICA DE LA TORTUGA NEGRA

En las costas del estado hay varias playas que reciben hembras anidadoras de *Chelonia mydas*. En un análisis genético de las poblaciones en Colola, Maruata, Paso de Noria y Arenas Blancas, se detectó que no hay diferenciación genética significativa debido al elevado flujo de genes entre poblaciones (las tortugas de esas cuatro localidades se aparean constituyendo una sola pobla-

Chassin-Noria, O. 2019. Diversidad genética de tortugas marinas y sistemática de la tortuga negra (*Chelonia mydas*). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 71-74.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

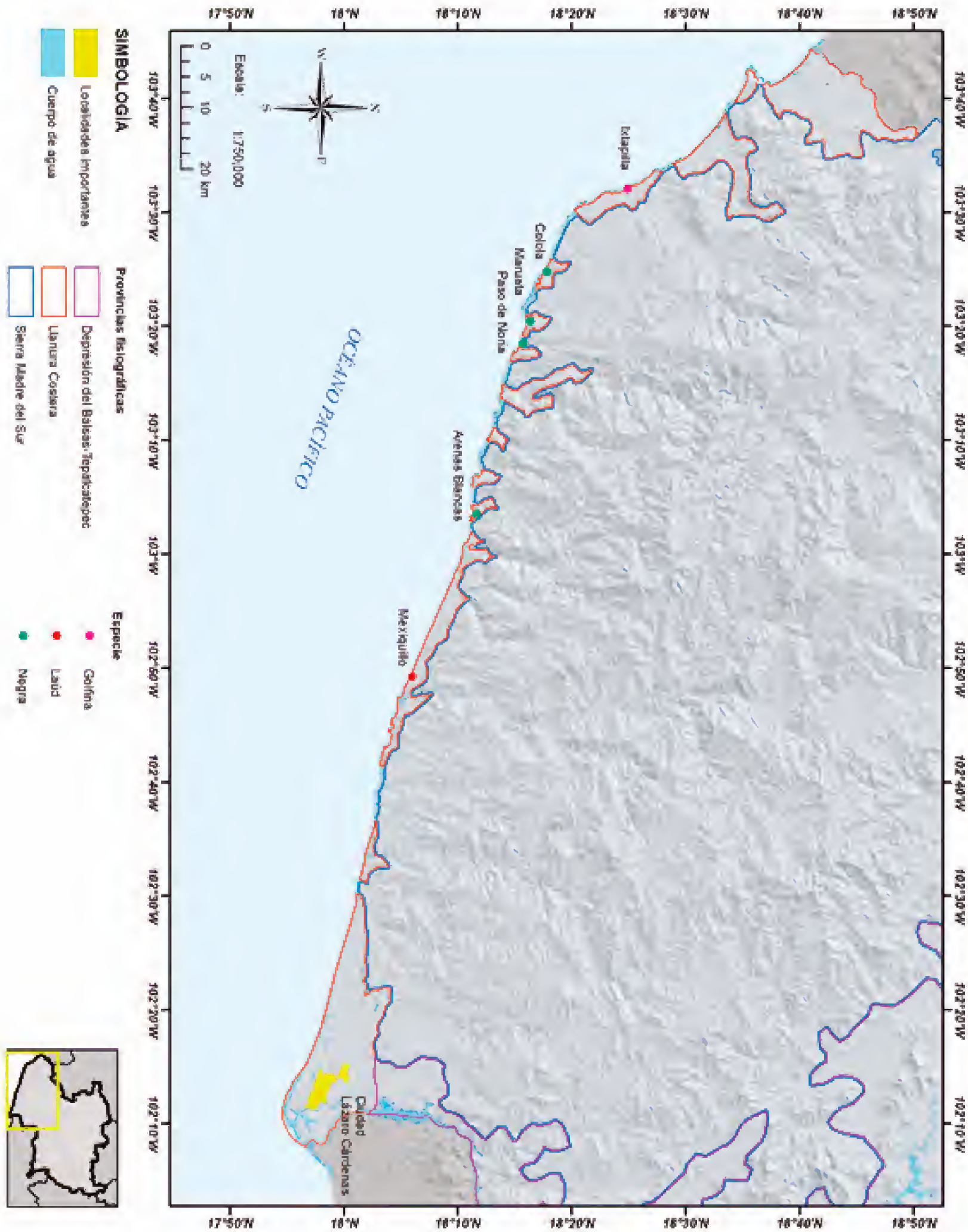


FIGURA 1. Localidades de poblaciones analizadas con marcadores moleculares por especie, ubicadas en la Llanura Costera. Fuente: Briseño 1998, Dutton *et al.* 1999, Chassin-Noria *et al.* 2004, Rodríguez-Zárate *et al.* 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Valores de diversidad genética obtenidos con secuencias de ADN mitocondrial y microsatélites nucleares, en trabajos que incluyen poblaciones de tortugas marinas.

Especie	Microsatélites	Secuencias		Referencias
	Diversidad genética	Diversidad haplotídica	Diversidad nucleotídica	
Laúd		0.712 ± 0.07	0.0017	Dutton *et al.* 1999
Negra	0.895	0.480 ± 0.04	0.0036	Chassin-Noria *et al.* 2004
Golfina	0.781			Rodríguez-Zárate *et al.* 2013
Golfina		0.600 ± 0.10	0.0026	Briseño 1988

ción; Chassin-Noria *et al.* 2004). Sin embargo, existen características genéticas únicas (haplotipos privados) en las playas de Maruata, Colola y Arenas Blancas, por lo que debe considerarse a las poblaciones de esas localidades como relevantes para su conservación, eso si se quiere garantizar la viabilidad de *C. mydas* a largo plazo.

La tortuga negra ha sido objeto de debate con respecto a su posición taxonómica. Algunos autores la consideran como la especie *Chelonia agassizii,* basados en análisis morfológicos y patrones de distribución del género *Chelonia* (Pritchard 1999, Figueroa y Alvarado 1990), otros la consideran como una subespecie (Kamezaki y Matsui 1995), mientras que algunos más, analizando la información molecular (genes nucleares y el genoma mitocondrial completo) no apoyan la asignación de las poblaciones de esta tortuga como una especie distinta, dado que no constituye un grupo natural (monofilético), concluyendo que la tortuga negra es una población más de *C. mydas* con características genéticas singulares (Dutton *et al.* 1996, Karl y Bowen 1999, Chassin-Noria 2002, Urbiola-Rangel y Chassin-Noria 2011, Duchene *et al.* 2012).

Por todo lo anterior, ni en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre se le considera a *C. agassizii* como una especie válida. Pese a ello, no deben disminuirse los esfuerzos de conservación, dado que toda la especie *Chelonia mydas* está en la categoría en peligro en la lista roja de la UICN (Seminoff 2004) y en peligro de extinción en la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

CONCLUSIONES

A pesar de que no hay indicios de que la disminución de la diversidad genética sea la principal amenaza de las tortugas marinas, es importante el mantenimiento de las actividades de conservación en todas las playas de la entidad y, sobre todo en los sitios con las poblaciones más numerosas de hembras anidadoras (Ixtapilla, Colola y Maruata), en donde estas actividades son realizadas por la comunidad nahua. Mantener las actividades de conservación para este grupo de reptiles es una de las opciones que permitirá el crecimiento demográfico de las poblaciones, asegurando el mantenimiento de la diversidad genética y la estabilidad de las tortugas marinas, a largo plazo.

REFERENCIAS

Briseño, D.R. 1998. *Variación en la región control del ADN mitocondrial de poblaciones de la tortuga golfina, Lepidochelys olivacea, en el Pacífico oriental y las implicaciones para su conservación*. Tesis de maestría en biología pesquera. Universidad Autonoma de Sinaloa, Mazatlán.

Chassin-Noria, O. 2002. Estructura genética y sistemática molecular de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) del estado de Michoacán, México. Tesis de maestría en biología animal. UNAM, México.

Chassin-Noria, O., A. Abreu-Grobois, P.H. Dutton y K. Oyama. 2004. Conservation genetics of the east Pacific green turtle (*Chelonia mydas*) in Michoacan, Mexico. *Genetica* 121:195-206.

Duchene, S., A. Frey, A. Alfaro-Núñez *et al.* 2012. Marine turtle mitogenome phylogenetics and evolution. *Molecular Phylogenetic and Evolution* 65:241-250.

Dutton, P.H., T.G. Davis y D. Owens. 1996. Molecular phylogeny for marine turtles based on sequences of the ND4-Leucine tRNA and control region of mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 5:511-521.

Dutton, P.H., B.W. Bowen, D.W. Owens *et al.* 1999. Global phylogeography of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *Journal of Zoology* 248:397-409.

Figueroa, A. y J. Alvarado. 1990. Morphometric comparison of the *Chelonia* populations of Michoacán, México and Tortuguero, Costa Rica. En: *Proceedings of the tenth annual workshop on sea turtle biology and conservation.* NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFC, Carolina del Sur, pp. 179-182.

Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Nueva York.

Franklin, I.R. 1980. Evolutionary change in small populations. En: *Conservation biology an evolutionary-ecological perspective*. M.E. Soule y B.A. Wilcox (eds.). Sinauer Associates, Massachusetts, pp. 135-149.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Kamezaki, N. y M. Matsui. 1995. Geographic variation in the skull morphology of the green turtle, *Chelonia mydas*, with a taxonomic discussion. *Journal of Herpetology* 29:1-60.

Karl, S.A. y W.B. Bowen. 1999. Evolutionary significant units versus geopolitical taxonomy: molecular systematics of an endangered sea turtle (genus *Chelonia*). *Conservation Biology* 13:990-999.

Plotkin, P.T. 1995. National marine fisheries service and U.S. fish and wildlife service status reviews for sea turtles listed under the endangered species act of 1973. National Marine Fisheries Service, Maryland.

Pritchard, P.C. 1999. Status of the black turtle. *Conservation Biology* 13:1000-1003.

Rodríguez-Zárate, C.J., A. Rocha Olivares y L.B. Beheregaray. 2013. Genetic signature of a recent metapopulation bottleneck in the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) after intensive commercial exploitation in México. *Biological Conservation* 168:10-18.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Seminoff, J.A. 2004. "Chelonia mydas". IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. International Union for Conservation of Nature. En: *<http://www.iucnredlist.org>*, última consulta: 2 de junio de 2014.

Shanker, K., J. Ramadevi, B.C. Choudhury *et al.* 2004. Phylogeography of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) on the east coast of India: implications for conservation theory. *Molecular Ecology* 13:1899-1909.

Urbiola-Rangel, E. y O. Chassin-Noria. 2011. Relaciones filogenéticas del género *Chelonia*. *Biológicas* 13:41-47.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Diversidad genética de mamíferos

MARÍA GUADALUPE ZAVALA PÁRAMO, HORACIO CANO CAMACHO Y TIBERIO CESAR MONTERRUBIO RICO

INTRODUCCIÓN

Michoacán es de los estados más ricos en biodiversidad a nivel nacional (Núñez 2005). La diversidad de sus ecosistemas terrestres y acuáticos, y los complejos ecológicos que los conforman, están asociados a una importante diversidad genética en las poblaciones de sus especies.

Para estudiar la diversidad y variación, a nivel genético, se han empleado marcadores moleculares, los cuales son variaciones heredadas que pueden ser utilizadas para comprender eventos genéticos y evolutivos. La información que se obtiene a partir de los análisis de identificación taxonómica, estructura y diversidad genética de las especies, usando dichos marcadores nucleares, microsatélites y mitocondriales, permiten revisar los procesos de intercambio genético entre organismos dentro de las poblaciones y sus tendencias evolutivas. Por ejemplo, las aplicaciones de marcadores moleculares en el campo de la conservación son diversas, tales como: medida de la diversidad genética y la diferenciación, estimación de tasas de flujo genético, análisis de paternidad y parentesco, además de estudios de filogenia y taxonomía, entre otros (Glaubitz y Moran 2000); asimismo, son útiles para el estudio de una amplia variedad de investigaciones en ecología y evolución (Conner y Hartl 2004).

Así, la tipificación genético-molecular conduce a un incremento sustancial sobre el conocimiento de las especies de fauna silvestre, de tal manera que los elementos genético-moleculares se han vuelto indispensables para el diagnóstico de biodiversidad y útiles en las actividades de manejo y conservación de especies silvestres y de interés cinegético (para cacería) o para explotación, en el ecoturismo.

Todos los anteriores aspectos son de interés local, nacional e internacional; por ello, a partir del 2007, como parte de la colaboración multidisciplinaria de varios investigadores y estudiantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMNSH) en proyectos de estudio de la fauna silvestre del estado, se inició la colección y análisis molecular de muestras biológicas de fauna silvestre de Michoacán, depositadas en la colección de muestras biológicas de fauna silvestre (MBFS) del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología (CMEB) de la UMSNH.

ESTUDIOS REALIZADOS

En Michoacán se distribuyen 163 especies de mamíferos terrestres (véase Mamíferos terrestres, en esta obra), para algunas de ellas se han realizado análisis que permiten conocer la diversidad genética del grupo en el estado.

A partir de la colección de muestras biológicas de mamíferos se ha purificado el ADN y se han realizado algunos análisis. Así, con base en el uso del marcador de ADN mitocondrial citocromo b (*cytb*) se ha tipificado y reportado en GeneBank por primera vez a especies como el jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) y la ardilla (*Sciurus oculatus*; Monterrubio-Rico *et al.* 2012, 2013).

Por otro lado, con el objetivo de analizar la riqueza y abundancia relativa de las comunidades de pequeños roedores (Heteromyidae) en el estrato bajo de la vegetación, en seis sitios con ambientes tropicales de Michoacán se llevaron a cabo estudios de identificación taxonómica molecular de las especies *Liomys pictus, Osgoodomys banderanus, Baiomys musculus, Peromyscus perfulvus* y *Oryzomys couesi,* mediante el marcador mitocondrial COI (Mejía-Ángeles 2012).

Se realizaron estudios de diversidad genética y filogenia, con pequeñas poblaciones de murciélagos frugívoros como *Artibeus jamaicensis, A. intermedius* y *Dermanura phaeotis*, donde de manera preliminar se identificaron dichas especies dentro de grupos genéticos del Pacífico mexicano (Fabila-Blanco 2010). Asimismo, se realizó el estudio de una población de pecarí de collar (*Pecari tajacu*) mediante el uso de microsatélites nucleares y *cytb,* que mostraron una diversidad genética alta (Mondragón-Blanco 2013).

Finalmente, también se efectuó la tipificación molecular mediante marcadores de ADN mitocondrial de especies de carnívoros, en ungulados y otras especies de interés (cuadro 1), eso con la finalidad de establecer las bases de identificación taxonómica molecular para estudios futuros.

Zavala-Páramo, M.G., H. Cano-Camacho y T.C. Monterrubio-Rico. 2019. Diversidad genética de mamíferos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 75-77.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies de mamíferos representadas en la colección de muestras biológicas de fauna silvestre del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la UMSNH.

Familia	Especie	Nombre común	Tipificación molecular con ADN mitocondrial	Referencia
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris		No publicado
	Canis latrans	Coyote		No publicado
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	*cytb*, RC, CO1	No publicado
Cricetidae	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón		No publicado
	Peromyscus perfulvus	Ratón	CO1	Mejía-Ángeles 2012
	Osgoodomys banderanus	Ratón	CO1	Mejía-Ángeles 2012
	Liomys pictus	Ratón	CO1	Mejía-Ángeles 2012
	Oryzomys couesi	Ratón	CO1	Mejía-Ángeles 2012
	Neotoma sp.	Ratón		No publicado
	Sigmodon sp.	Ratón		No publicado
	Baiomys musculus	Ratón	CO1	Mejía-Ángeles 2012
Daysipodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de nueve bandas		No publicado
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache	12S	No publicado
Erethizontidae	*Sphiggurus mexicanus*	Puercoespín		No publicado
	Nasua narica	Tejón	*cytb*, 12S	No publicado
Leporidae	*Sylvilagus* sp.	Conejo		No publicado
	Lepus callotis	Liebre torda	*cytb*	No publicado
Mephitidae	*Conepatus mesoleucus*	Zorrillo		No publicado
	Mephitis macroura	Zorrillo		No publicado
Mustelidae	*Lontra longicaudis*	Nutria		No publicado
Myrmecophagidae	*Tamandua mexicana*	Oso hormiguero		No publicado
Phyllostomidae	*Desmodus rotundus*	Vampiro común		No publicado
	Uroderma magnirostrum	Murciélago		No publicado
	Sturnira lilium	Murciélago		No publicado
	Artibeus jamaicensis	Murciélago	*cytb*, RC, 12S, CO1	No publicado
	A. intermedius	Murciélago	*cytb*, RC, 12S	Fabila-Blanco 2010
	A. lituratus	Murciélago		Fabila-Blanco 2010
	Centurio senex	Murciélago		No publicado
	Glossophaga commissarisi	Murciélago		No publicado
	Sturnira ludovici	Murciélago		No publicado
	Dermanura tolteca	Murciélago	*cytb*	Fabila-Blanco 2010
	D. phaeotis	Murciélago	*cytb*, 12S	Fabila-Blanco 2010
	Musonycteris harrisoni	Murciélago	CO1	No publicado
	Glossophaga soricina	Murciélago		No publicado
	Pteronotus parnelli	Murciélago	*cytb*, RC, 12S	No publicado
	Dermanura azteca	Murciélago		No publicado
	Pteronotus davyi	Murciélago		No publicado
	Leptonycteris cuarasoae	Murciélago		No publicado
	Pteronotus personae	Murciélago		No publicado

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Familia	Especie	Nombre común	Tipificación molecular con ADN mitocondrial	Referencia
Phyllostomidae	*Choeroniscus godmani*	Murciélago		No publicado
	Chiroderma villosum	Murciélago		No publicado
	Carollia subrufa	Murciélago		No publicado
	Myotis sp.	Murciélago		No publicado
	Macrotus waterhowsii	Murciélago		No publicado
	Balantiopteryx plicata	Murciélago		No publicado
	Rhogeessa sp.	Murciélago		No publicado
	Eptesicus furinalis	Murciélago		No publicado
	Saccopteryx bilineata	Murciélago		No publicado
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache		No publicado
Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	*cytb*	Mondragón-Blanco 2013

De acuerdo con el catálogo de registro de la colección MBFS-CMEB, UMSNH, se cuenta con muestras de pelo, sangre, tejido, hueso o excretas, de 57 especies de mamíferos silvestres (cuadro 1), sobre todo de localidades de los municipios de Arteaga, La Huacana y Los Reyes, de la región del Bajo Balsas y de Lázaro Cárdenas.

CONCLUSIONES

La tipificación genético-molecular ofrece incrementar de manera importante el conocimiento de los mamíferos, por ello es recomendable continuar con este tipo de estudios en todas las provincias fisiográficas del estado. Contar con una colección de muestras biológicas y con una amplia base de datos de secuencias de ADN permitirá, sustancialmente, entender la presencia de especies y sus características genéticas para el diagnóstico de biodiversidad y toma de decisiones en actividades de manejo y conservación.

REFERENCIAS

Conner, J.K. y D.L. Hartl. 2004. *A primer of ecological genetics.* Sinauer Associates, EUA.

Fabila-Blanco, A. 2010. *Genotipificación mitocondrial de especies de mamíferos de la región del Bajo Balsas, Michoacán.* Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Glaubitz, J.C y G.F. Moran. Genetic tools: the use of biochemical and molecular markers. En: *Forest conservation genetics: principles and practice.* A. Young, D. Boshier y Boyle (eds.). CABI Publishing, Reino Unido.

Mejía-Ángeles, C. 2012. *Análisis sobre la riqueza y abundancia de pequeños roedores en seis localidades tropicales de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Mondragón-Blanco, E. 2013. *Análisis genético-molecular de pecarí de collar (Pecari tajacu) de la región del Bajo Balsas, Michoacán, México.* Tesis de maestría. UMSNH, Morelia.

Monterrubio-Rico, T.C., J.F. Charre-Medellín, M.G. Zavala-Páramo *et al.* 2012. Actual evidence of the jaguaroundi (*Puma yagouaroundi*) presence in Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:825-833.

Monterrubio-Rico, T.C., D. Guido-Lemus, J.F. Charre-Medellín *et al.* 2013. Nuevos registros de la ardilla de peters (*Sciurus oculatus*) para Michoacán y primera genotipificación molecular de la especie. *Acta Zoológica Mexicana* 29(2):304-316.

Núñez, G.A. 2005. *Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, Biología e Importancia.* UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

7

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo
Conservación y restauración

KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO

La conservación y la restauración son acciones que permiten revertir la pérdida y el deterioro de la diversidad biológica, problemas que están extendidos en la mayoría de las regiones del país y que afectan a los ecosistemas naturales y a las especies nativas. Aunque en Michoacán hay antecedentes de acciones de conservación que fueron documentadas en el primer Estudio de Estado, publicado en 2005, éstas se enfocaban principalmente a especies prioritarias, como la mariposa monarca, las tortugas marinas y algunos grupos de peces, así como a la identificación de áreas potenciales para la conservación y a destacar el importante papel de las áreas naturales protegidas (ANP).

En esta sección se presentan los esfuerzos en conservación y restauración de los últimos 10 años en la entidad, entre ellos se puede resaltar la recategorización de algunas ANP federales y estatales, así como el establecimiento de al menos dos nuevas ANP federales y 11 áreas voluntarias para la conservación. Además, se destaca la ejecución de varios proyectos de restauración ecológica y la participación activa del gobierno de la entidad, desde 2012, en la conformación del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM), que en el 2018 se encuentra en una segunda fase para implementar acciones en las comunidades, mediante la participación de diferentes sectores gubernamentales y de la sociedad civil.

En lo que respecta a superficie protegida, se reportan 61 ANP en la entidad, que suman 331 674.56 ha bajo jurisdicción federal y 67 472.33 ha estatales, lo que corresponde a 6.8% de la superficie total de Michoacán. La mayor cantidad de ANP se encuentran distribuidas en la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal, con excepción de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, que es la de mayor extensión en el estado y gran parte de ella se ubica en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Sierra Madre del Sur. El trabajo realizado ha hecho evidente la importancia de la participación social y gubernamental para el buen funcionamiento de estos instrumentos de conservación; sin embargo, es relevante considerar algunos aspectos para fortalecerlos y lograr una conservación sustentable de la biodiversidad en Michoacán, tales como: promover el reconocimiento de las nuevas categorías emitidas, formalizar el sistema estatal de ANP e integrar aquellas áreas que cumplan con los requisitos, y mejorar la coordinación entre el gobierno federal y el estatal para el buen funcionamiento de las áreas, entre otras.

En el primer estudio de biodiversidad se reportaron pocos proyectos de restauración ecológica en la entidad; uno relevante fue el desarrollado en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, donde se llevaron a cabo acciones para recuperar la vegetación nativa en sitios cubiertos por ceniza volcánica. En esta sección, que es parte de la actualización del primer Estudio de Estado, se presentan otros proyectos y se destaca que el principal reto que enfrentan las acciones de restauración

Nájera-Cordero, K. 2019. Resumen ejecutivo. Conservación y restauración. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 81-82.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ecológica es superar las barreras físicas (características fisicoquímicas del sustrato) y biológicas (carencia de fuentes de semillas, especies invasoras, etc.) de las regiones altamente degradadas.

Si bien en Michoacán los esfuerzos de restauración se realizan sobre todo a través de la Comisión Forestal estatal y de la Comisión Nacional Forestal, también se cuenta con apoyo importante de instituciones académicas y con la participación activa de las comunidades y autoridades locales. De esa forma, aunque la principal limitación para realizar proyectos en esta materia sea la falta de financiamiento y continuidad, existen casos bien documentados en donde ha sido posible superar los obstáculos en beneficio de las comunidades y de la biodiversidad; entre ellos se cuenta lo realizado en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, en la meseta Purépecha (Sistema Volcánico Transversal), en la región de la Costa (Llanura Costera) y Tierra Caliente (Depresión del Balsas-Tepalcatepec) y en la loma de Santa María y cerro Punhuato, en Morelia.

Sin embargo, se requiere dar continuidad y promover más proyectos de restauración ecológica, en los que se incorpore la participación de las comunidades locales y se tomen en cuenta los efectos del cambio climático en la distribución natural de la vegetación, para entonces asegurar el éxito en los proyectos de conservación y de recuperación de los servicios ecosistémicos.

En esta sección se incluyen también estudios de caso sobre los avances en la conservación y conocimiento de la diversidad biológica de la entidad. Se expone la importancia que tiene la divulgación del conocimiento sobre la biodiversidad, no sólo para la toma de decisiones sino también para la formación de profesionales y para informar al público general, en donde se hace evidente que los Estudios de Estado son herramientas útiles que requieren de mayor difusión a nivel nacional.

Asimismo, se incluyen estudios de especies que se distribuyen en el estado, cuya conservación es importante no sólo por el papel ecológico que desempeñan, sino porque también pueden significar una oportunidad para el desarrollo sustentable y organización local de algunas comunidades de Michoacán. Tal es el caso de la producción de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) orgánica en algunas comunidades del municipio de La Huacana, y la conservación del ajolote de montaña (*Ambystoma ordinarium*) en el municipio de Morelia.

El ajolote, especie endémica de México, se encuentra en la categoría de protección especial de la NOM-059-SEMARNAT-2010. A raíz del hallazgo, en 2007, de una población en el ejido Tumbisca, cerca de Morelia, se realizaron estudios en los que se integraron jóvenes de la región para dar continuidad a los monitoreos con los que ha sido posible conocer y llevar a cabo acciones para promover la conservación del ajolote de montaña y de su ecosistema.

Otro ejemplo es el zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*), especie relevante para la conservación, ya que además de producir frutos consumibles para el ser humano y tener importancia ecológica en diferentes interacciones bióticas, se encuentra en la categoría en peligro de extinción, conforme a la NOM-059; se considera una especie a la que deben asignarse esfuerzos de recuperación, ya que el ecosistema en el que se desarrolla (en los municipios de Morelia, Queréndaro y Sahuayo) ha sido alterado por diversas actividades humanas y sus poblaciones se han reducido.

Por todo lo anterior, es importante dar seguimiento a los esfuerzos realizados en la conservación y restauración de la diversidad en Michoacán, con la finalidad de evaluar si las acciones que se llevan a cabo están dando resultados que permitan mantener la biodiversidad de la región, y este nuevo Estudio de Estado contribuye a ello.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Áreas bajo conservación

NEYRA SOSA GUTIÉRREZ, ROGELIO ZARAZÚA SÁNCHEZ, DANIEL DÍAZ RODRÍGUEZ, HUGO ZEPEDA CASTRO, DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP Y KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de ANP es una de las principales estrategias encaminadas a la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), son espacios territoriales claramente definidos, que son reconocidos, dedicados y gestionados legalmente para conservar, a largo plazo, los procesos ecosistémicos y la biodiversidad, y tienen la ventaja adicional de mantener los servicios asociados a los ecosistemas que protegen (Dudley 2008).

Se ha propuesto que, en condiciones ideales, el establecimiento de un sistema de ANP debe basarse en la identificación de sitios de alto valor de diversidad biológica y en la correspondiente elaboración de programas de manejo que aseguren la integridad de los procesos ecosistémicos que dieron origen y que permiten el mantenimiento de la diversidad en esos sitios (CONANP 2016*c*). Sin embargo, al igual que en otros estados del centro del país, en Michoacán no siempre se cuenta con inventarios de biodiversidad completos, y la presencia de zonas con una importante huella humana, como son las zonas urbanas, impone realidades que influyen de manera considerable al momento de seleccionar sitios bajo algún tipo de conservación. A pesar de ello, en la entidad, lejos de contemplar a la actividad humana como antagonista de la conservación, se reconoce a los habitantes de las distintas zonas como aliados fundamentales para conservar la diversidad del estado.

Así, la entidad cuenta con ANP federales, estatales y una numerosa red de sitios bajo conservación administrados por autoridades municipales o por los propios habitantes; sin embargo, el nivel de integridad ecosistémica en cada una de estas ANP varía de forma importante y cada zona presenta sus propios retos. Por otro lado, la pobreza y las actividades asociadas con el crimen organizado reducen considerablemente la capacidad de quienes habitan en dichas áreas para conservar los recursos bióticos.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES

En Michoacán hay un total de 14 ANP de jurisdicción federal, distribuidas en seis categorías de protección de acuerdo con la CONANP (cuadro 1; SEMACCDET 2017), y que abarcan una superficie de 331 674.56 ha, lo que representa 5.66% de la superficie del estado. La ANP más extensa es la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, que con una superficie de 265 117 ha (CONANP 2016*b*), abarca casi 70% de la superficie bajo protección federal en Michoacán. Otras ANP emblemáticas en la entidad corresponden a la porción de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), que equivale a 34 177 ha (CONANP 2014), y el Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro

Sosa G., N., R. Zarazúa, D. Díaz Rodríguez, H. Zepeda-Castro, D.R. Pérez-Salicrup y K. Nájera-Cordero. 2019. Áreas bajo conservación. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 83-90.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Áreas naturales protegidas federales.

Categoría	Nombre	Municipio	Fecha de decreto	Superficie (ha)	Superficie por categoría (ha)
Reserva de la Biosfera	Zicuirán-Infiernillo	Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío	30/11/2007	265 117	299 294
	Mariposa Monarca	Michoacán: Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro y Aporo Estado de México: Temascalcingo, San José del Rincón, Donato Guerra y Villa de Allende	10/11/2000	34 177	
Parque Nacional	Insurgente José María Morelos	Charo y Tzitzio	22/02/1939	4 325	8 180
	Barranca del Cupatitzio	Nuevo Parangaricutiro y Uruapan	22/11/1938	362	
	El Cerro de Garnica	Hidalgo y Queréndaro	05/09/1936	968	
	Rayón	Tlalpujahua	29/08/1952	25	
	Bosencheve*	Michoacán: Zitácuaro Estado de México: Villa de Allende, Villa Victoria	01/08/1940	2 490	
	Lago Camécuaro	Tangancícuaro	08/03/1941	10	
Área de Protección de Flora y Fauna	Pico de Tancítaro	Tancítaro, Peribán de Ramos, Nuevo Parangaricutiro y Uruapan	19/08/2009	23 405	23 405
Santuario	Playón Mexiquillo	Aquila	29/10/1986 Recategorización: 16/07/2002	25	58
	Playa de Maruata y Colola	Aquila	29/10/1986 Recategorización: 16/07/2002	33	
Área de Protección de Recursos Naturales	ZPFTC cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec*	Michoacán: Zitácuaro y Susupuato Estado de México: Donato Guerra, Ixtapan del Oro, Santo Tomás, Otzoloapan, Valle de Bravo, San José del Rincón, Toluca, Temascaltepec, Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Amanalco, Villa Victoria y Villa de Allende	23/06/2005	19	19
Sitios Ramsar	Lago de Chapala*	Jalisco, Michoacán:[1] Cojumatlán de Régules, Venustiano Carranza y Briseñas	02/02/2009	11.47	718
	Humedales del Lago de Pátzcuaro	Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan, Erongarácuaro, Tingambato, Huiramba, Nahuatzen	02/02/2005	707	
Total				**331 674**	

*El total de superficie para las ANP es: Bosencheve 10 432 ha, ZPFTC Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec 172 879 ha y lago de Chapala 114 659 ha. [1]Superficie obtenida de Gutiérrez Nájera *et al.* 2008.
Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONANP 2017.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que abarca una extensión de 23 405 ha (CONANP 2016*a*). Es importante también considerar los sitios Ramsar, que se distribuyen en los humedales del estado, como la porción michoacana del lago de Chapala y los humedales del lago de Pátzcuaro.

El estado de conservación de las ANP federales en Michoacán es sumamente heterogéneo. Mientras algunas áreas reciben atención internacional, una elevada proporción de recursos y cuentan con un plan de manejo, como la RBMM, otras no cuentan con dicho plan y tienen poco personal asignado a su cuidado, tal es el caso de los parques nacionales Cerro de Garnica e Insurgente José María Morelos. En este sentido, habría que fortalecer los vínculos con los dueños de los predios de dichas ANP y promover actividades que detonen el desarrollo social junto con el mantenimiento y conservación de la biodiversidad.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES

El Gobierno del Estado también ha optado por el establecimiento de ANP estatales. En congruencia con la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA; SEDUE 1988), este esquema de protección está establecido en el título tercero de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo (Congreso del Estado 2013).

Las ANP de competencia estatal tienen su origen en 1993, lo que ubica a Michoacán como uno de los 10 primeros estados que establecieron este esquema, posterior a la publicación de la LGEEPA en 1988 (Bezaury-Creel *et al.* 2009). En ese año, el ejecutivo estatal publicó el decreto de 232 ha, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, en Loma de Santa María y depresiones aledañas, en el municipio de Morelia (Gobierno del Estado 1993). Esa zona tiene gran importancia por la provisión de servicios ambientales para la ciudad de Morelia, lo que fue el fundamento para su decreto, aun cuando una importante proporción de las hectáreas decretadas en aquella fecha estaban cubiertas por especies exóticas.

Durante esa misma década se emitieron otros ocho decretos estatales, entre zonas sujetas a preservación ecológica y parques urbanos ecológicos, que son las categorías establecidas en la LGEEPA para los decretos estatales. Se trataba de superficies generalmente menores a 273 ha, ubicadas en la periferia de algunas ciudades del estado o inmersas en ellas; estas primeras áreas decretadas se establecieron en bosques templados de coníferas y encinos.

En 2003 inicia una segunda etapa en la creación de ANP de competencia estatal, con la implementación de una política pública de planeación. Siguiendo recomendaciones basadas en la biología de la conservación, se consideró el tamaño de las superficies propuestas y se buscó la representatividad de todos los ecosistemas del estado. A partir de ese año se han establecido 38 áreas más. Para 2017 Michoacán tenía un total de 49 ANP locales (estatales, municipales) en nueve categorías (cuadro 2).

De acuerdo con la realidad socioecosistémica en el estado, los nuevos decretos buscaron la conservación del patrimonio natural con la inclusión de sus actores sociales, en todo el proceso de gestión. Por ello, en muchas de esas áreas se fomentó el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales para elevar la calidad de vida de sus habitantes, y no se consideraron esquemas de conservación estrictos alejados de la actividad humana.

De las 61 ANP, 47 áreas estatales están dentro del Sistema Estatal para la Conservación del Patrimonio Natural y cubren una superficie de 67 497 ha, distribuidas en 38 municipios de los 113 que integran la superficie estatal (SEMACCDET 2017). Lo anterior significa que 1.15% de la superficie total del estado se encuentra bajo algún esquema de conservación estatal.

De las categorías antes mencionadas, las zonas sujetas a preservación ecológica son las que tienen el mayor número de áreas decretadas (15; figura 1), mientras que las zonas de protección ambiental cuentan con la mayor superficie decretada (50 702 ha; cuadro 3).

CONCLUSIONES

Algunos retos que tanto el gobierno como la sociedad michoacana tienen que superar para el fortalecimiento de las ANP, como instrumentos para la conservación sustentable de la biodiversidad, son:

1. Promover modificaciones a la Ley para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo, donde se reconozcan las categorías ya emitidas
2. Formalizar el sistema estatal, mediante la publicación de un documento en el que se registren las ANP, las zonas de restauración y protección ambiental, las áreas voluntarias para la conservación, así como las estrategias para su manejo, administración y vigilancia
3. Fortalecer los esquemas de financiamiento de proyectos para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales de cada una de las áreas
4. Establecer un sistema interactivo que permita la consulta del Sistema Estatal de Áreas para la Conservación del Patrimonio Natural, en donde se integren los polígonos georreferenciados, declaratorias y certificados, programas de manejo y cualquier otra información que sea de interés público

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Listado de áreas naturales protegidas y zonas del Sistema Estatal de Áreas para la Conservación del Patrimonio Natural.

	Nombre	Municipio	Fecha de decreto	Superficie (ha)	Tenencia de la tierra	Programa de manejo	Ecosistemas representados
	Zona sujeta a preservación ecológica						
1	Cerro del Estribo Grande	Pátzcuaro	19/09/94	273.21	Privada y ejidal	Sí	BE-P
2	Cerro Pelón	Paracho	15/05/95	23.51	Comunal y privada	Sí	BP y BC
3	Laguna de Zacapu y su ribera Tzacapo Tacanendam	Zacapu	07/02/03	56.35	Federal	Sí	BG y T
4	Mesa de Tzitzio	Tzitzio	14/03/03	212.85	Comunal	Sí	BP-E
5	La Alberca de los Espinos	Jiménez	14/03/03, reforma del 14/08/06	142.12	Ejidal y privada	Sí	MST, BE y BG
6	Chorros del Varal	Los Reyes	08/01/04	72.77	Federal, ejidal y privada	Sí	SBC, SMS y BMM
7	Agua Caliente	Marcos Castellanos	12/01/04	38.07	Federal y privada	Sí	BG y MST
8	Laguna de Chandio	Apatzingán	13/01/04	11.68	Federal y privada	Sí	BG y T
9	Los Manantiales de Parácuaro	Parácuaro	14/01/04	70.13	Federal y privada	Sí	BG, SBC y SMS
10	La Chichihua	Coalcomán	11/11/04	32.84	Privada	Sí	SBC
11	Parque Ecológico Agua Tibia-Jeroche	Puruándiro	25/01/05, reforma del 14/08/06	687.12	Federal, ejidal y privada	No	MST y BG
12	Las Tinajas de Huandacareo	Huandacareo	26/01/05, reforma del 14/08/06	254.27	Ejidal	No	SBC y BE
13	Cerro Hueco y la Alberca	Tacámbaro	28/01/05	76.73	Federal y ejidal	Sí	BP, BE y SBC
14	ExEscuela Agrícola La Huerta	Morelia	31/01/05	271.49	Estatal	Sí*	BP-E y MST
15	Manantial La Mintzita	Morelia	31/01/05	419.60	Federal, ejidal y privada	En proceso	MST, VA, VSA y T
	Subtotal			**2 642.74**			
	Parque urbano ecológico						
16	Uruapan	Uruapan	12/01/95	52.11	Estatal	Sí	T, VA y VSA
17	Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia	Morelia	10/07/95	89.11	Fideicomiso CIMO	Sí	MST y BC
18	Taquiscuareo	La Piedad	11/09/95	11.94	Ejidal	Sí	MST
19	Capácuaro	Uruapan	11/09/95, reforma del 14/08/06	7.59	Comunal	Sí	BP
20	Cerrito de la Independencia	Zitácuaro	10/02/97	2.77	Municipal	Sí	BP-E y BC
21	Instituto Tecnológico Agropecuario núm. 7	Tarímbaro	04/06/98	16.94	Federal	No	MST y BC
22	La Eucalera de Paso de Hidalgo	Briseñas	14/03/03, reforma del 14/08/06	76.61	Federal	Sí	BC

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

	Nombre	Municipio	Fecha de decreto	Superficie (ha)	Tenencia de la tierra	Programa de manejo	Ecosistemas representados
23	Bosque Cuauhtémoc y Parque Juárez	Jiquilpan	25/01/05	49.93	Privada	Sí	BC y MST
24	Lic. Salvador Bernal Murguía	Uruapan	15/06/06	17.00	Municipal	Sí	BP-E y BC
	Subtotal			**324.00**			
	Reserva patrimonial						
25	Volcán El Jorullo	La Huacana y Ario	19/09/05	3 569.50	Particular y ejidal	Sí*	SBC, SMS y P
26	Lagunas costeras y serranías aledañas de la costa de Michoacán	Coahuayana y Aquila	26/12/05	4 306.75	Particular y ejidal	Sí*	M, SBC, SMS, VA y VSA
	Subtotal			**7 876.25**			
	Parque estatal						
27	Cerro Punhuato	Morelia	26/01/05, reforma 15/02/08	118.86	Privada	Sí*	MST, BE Y BC
28	Francisco Zarco	Morelia	15/02/08	17.81	Estatal	No	MST, BC Y BE-P
29	El Manglito	Lázaro Cárdenas	17/12/10	20.77	Privada	Sí	SBC
	Subtotal			**157.44**			
	Parque natural						
30	El Barrancón de las Guacamayas	Chinicuila	26/12/05	2 260.14	Particular y ejidal	Sí	SMS y SBC
	Subtotal			**2 260.14**			
	Zona de restauración y de proteción ambiental						
31	Cerro de San Miguel	Pátzcuaro y Salvador Escalante	26/01/09	767.58	Ejidal, comunal y privada	Sí	BMM y BE-P
32	Loma de Santa María y depresiones aledañas	Morelia	31/12/10	176.60	Ejidal y pequeña propiedad	Sí*	BE-P, BG Y BC
33	Cañadas del río Chiquito		29/04/11	205.09	Ejidal y pequeña propiedad	Sí	BE-P, BG Y BC
	Subtotal			**1 149.27**			
	Zona de protección ambiental						
34	El Zapién	Uruapan	27/07/10	240.70	Propiedad de Gobierno del Estado	Sí	BP-E
35	Laguna costera El Caimán	Lázaro Cárdenas	03/01/11	1 160.12	Ejidal y federal	Sí	M, VA y VSA
36	Cañadas de los ríos Marqués-Cajones y serranías aledañas	Gabriel Zamora, Nuevo Urecho, La Huacana, Taretan, Uruapan, Parácuaro y Múgica	27/09/11	26 193.56	Ejidal, federal y privada	No	SBC, SMS y BG

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

	Nombre	Municipio	Fecha de decreto	Superficie (ha)	Tenencia de la tierra	Programa de manejo	Ecosistemas representados
37	Pico Azul-La Escalera	Charo, Morelia y Madero	13/09/11	23 107.48	Ejidal, federal y privada	No	BE-P, BE, BG, BMM y BC
	Subtotal			**50 701.86**			
	Zona de restauración ambiental						
38	Estribito del Cerro Colorado	Pátzcuaro	03/10/11	18.05	Gobierno Estatal	No	BP y BC
	Subtotal			**18.05**			
	Área voluntaria para la conservación						
39	Cerro Comburinda	Tingambato	27/04/11	960.00	Comunal	Sí	BP, BP-E y BMM
40	Ojo de Agua del Naranjo	Zinapécuaro	29/12/11	6.80	Privada	No	BP
41	Predio rústico Tsintani	Acuitzio	13/03/13	2.69	Privada	No	BP-E
42	Barranca de Huichila	Huetamo	25/06/13	687.35	Privada	No	SBC
43	Laguna costera Salinas de la Placita	Aquila	17/10/13	29.00	Federal	No	M y DC
44	Puerto de la Otatera	Aquila	03/03/14	175.00	Privada	No	SBC y SMS
45	Rancho Edén	Gabriel Zamora	26/03/14	7.23	Privada	No	SBC y SMS
46	Barranca del Vale	Arteaga	13/01/17	170.207	Privada	ND	ND
47	Los Mezquites Blancos	Álvaro Obregón	17/05/17	7.30	Privada	ND	ND
48	Cañada del Agua	Indaparapeo	22/05/17	123.00	Ejidal	ND	ND
49	Rancho El Limón	Morelia	22/05/17	174.00	Privada	ND	ND
	Subtotal			**2 342.58**			
	Superficie total del sistema			**67 472.33**			

BC: bosque cultivado, BE: bosque de encino, BE-P: bosque de encino-pino, BG: bosque de galería, BP: bosque de pino, BP-E: bosque de pino-encino, BMM: bosque mesófilo de montaña, DC: dunas costeras, M: manglar, MST: matorral subtropical, P: palmar, SBC: selva baja caducifolia, SMS: selva mediana subcaducifolia, T: tular, VA: vegetación acuática, VSA: vegetación subacuática, ND: sin datos. *Publicado.
Fuente: elaboración propia con datos de SEMACCDET 2017.

CUADRO 3. Listado de categorías de ANP estatales y municipales en Michoacán.

Categoría	Número de áreas decretadas	Superficie decretada por categoría (ha)
Zona sujeta a preservación ecológica	15	2 648.63
Parque urbano ecológico	9	324.00
Reserva patrimonial	2	7 876.26
Parque estatal	3	157.44
Parque natural	1	2 260.14
Zona de restauración y protección ambiental	3	1 143.17
Zona de protección ambiental	4	50 701.86
Zona de restauración ambiental	1	18.05
Área voluntaria de conservación	9	2 142.72

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

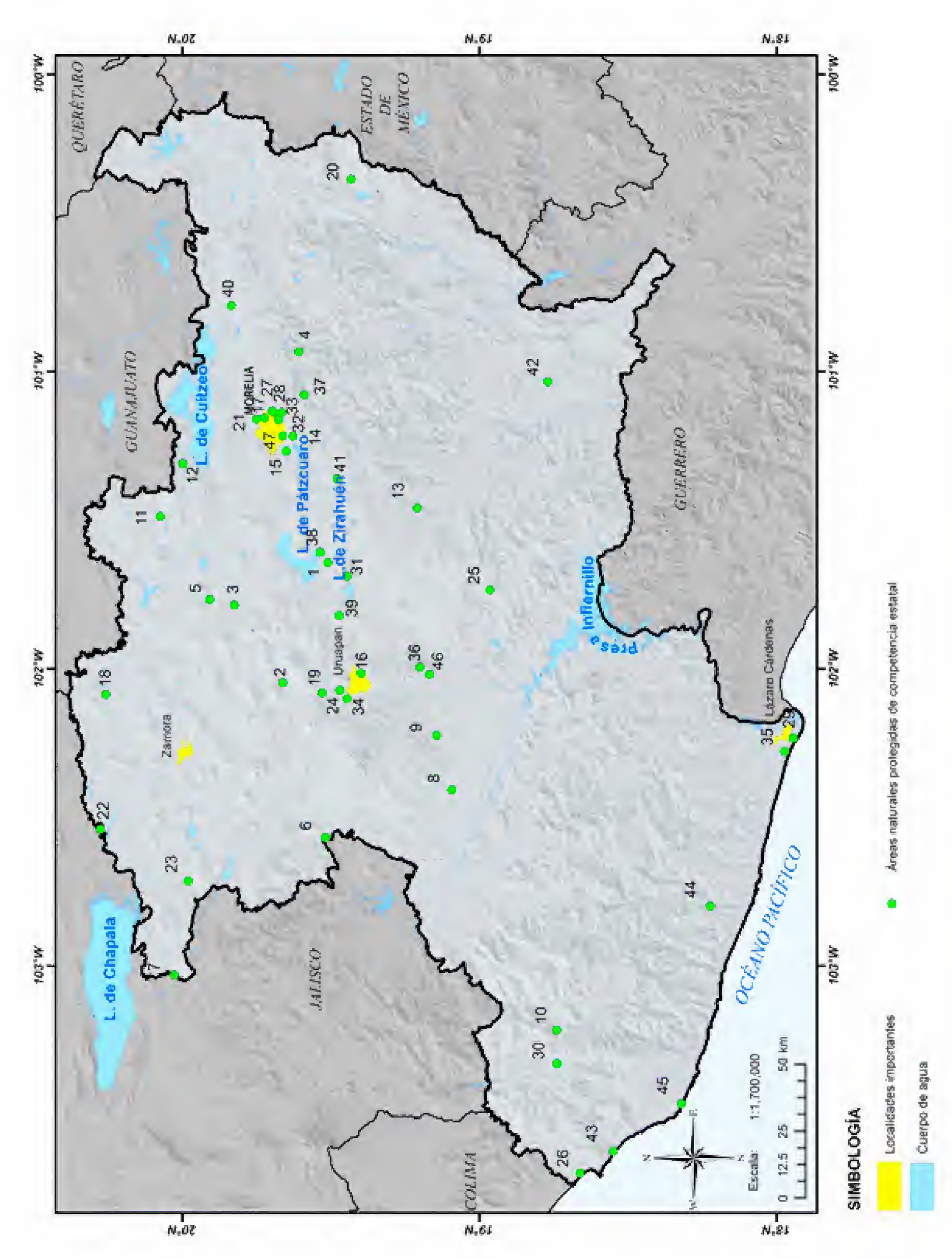


FIGURA 1. Áreas naturales protegidas de carácter estatal; numeración de acuerdo al cuadro 2. Fuente: elaboración propia con datos de SEMACCDET 2017.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

5. Impulsar la adopción de mecanismos de coordinación entre gobierno estatal, ayuntamientos, instituciones públicas, privadas y organismos no gubernamentales nacionales e internacionales, para el mantenimiento y mejora de las áreas con estatus de protección en el estado. Un mecanismo fundamental es la recaudación de fondos para retribuir económicamente a los dueños y poseedores de las áreas por los servicios ambientales que éstas proporcionan
6. Activar y fortalecer el funcionamiento de los consejos de planeación y manejo, para priorizar las opiniones de los dueños y propietarios en el manejo de las áreas
7. Impulsar esquemas alternativos de conservación y uso sustentable del patrimonio natural, que complementen a las ANP, como son los corredores en áreas de alta biodiversidad
8. Fomentar la recategorización de las ANP de carácter estatal, acorde a su condición ambiental actual, para mejorar su funcionamiento
9. Fortalecer la coordinación con el gobierno federal para el manejo de las ANP de carácter federal, y de ser necesario integrar al Sistema Estatal para la Conservación del Patrimonio Natural aquellas que debido a su condición ambiental así lo requieran

REFERENCIAS

Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell *et al.* 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. En: *Capital natural de México, vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 385-431.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Áreas Naturales Protegidas Federales de México, *septiembre 2014, escala 1:250 000*. CONANP, México.

——. 2016*a*. *Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación. Ficha descriptiva Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro*. En: *<http://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=78&reg=11>*, última consulta: mayo de 2017.

——. 2016*b*. *Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación. Ficha descriptiva Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo*. En: *<http://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=73&reg=11>*, última consulta: mayo de 2017.

——. 2016*c*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). En: *<https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap>*, última consulta: 25 de enero de 2019.

——. 2018. *Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación. Ficha descriptiva Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. En: *<https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=40&=11>*, última consulta: agosto de 2018

Congreso del Estado. 2013. Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo. Publicada el 12 de marzo de 2013 en el Periódico Oficial del Estado (POE). Texto vigente.

Dudley, N. (ed.). 2008. Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. UICN, Suiza.

Gobierno del Estado. 1993. Decreto que declara área natural protegida, con el carácter de zona sujeta a conservación ecológica, la Loma de Santa María y depresiones aledañas, con una superficie de 232-79-73.88 hectáreas, ubicada en el municipio de Morelia, Mich. Publicada el 19 de agosto de 1993 en el POE. Texto vigente.

Gutiérrez Nájera, R., G. Barba Calvillo y Comité Estatal para la Protección Ambiental de los Humedales de Jalisco. 2008. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR): Humedal de importancia ecológica y cultural lago de Chapala. En: *<http://www.globalnature.org/bausteine.net/f/6918/Ficha_Informativa_de_los_Humedales_de_Ramsar.doc?fd=2>*, última consulta: julio de 2018.

SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Publicada el 28 de enero de 1988 en el DOF. Última reforma publicada el 13 de mayo de 2016.

SEMACCDET. Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial. 2017. *Listado de ANP en el Sistema Estatal de Áreas para la Conservación del Patrimonio Natural*. Morelia. Inédito.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Restauración ecológica

ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS, JOSÉ ARNULFO BLANCO GARCÍA Y OSCAR ISRAEL VALLE DÍAZ

INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica surge como una respuesta para revertir, tanto el grave deterioro de grandes extensiones otrora cubiertas por ecosistemas naturales, como la pérdida de la biodiversidad. Dicha actividad busca ayudar a la recuperación de los ecosistemas dañados, degradados o destruidos (SER 2004). Dependiendo de la forma en que se llegó al estado de deterioro de un ecosistema, de factores económicos y sociales, así como de los objetivos que se intentan alcanzar al realizar estos esfuerzos, es como se aborda el problema de la restauración.

Son comunes las técnicas que se centran, por ejemplo, en la restauración de suelos (CONAFOR 2008), en donde se busca crear condiciones que eviten que continúe el deterioro de este elemento fundamental de los ecosistemas terrestres, y se busca revertir el daño para permitir el establecimiento de nueva vegetación. En este ámbito, cabe mencionar que en ocasiones la restauración de suelos se realiza en paisajes agropastoriles, en donde la recuperación de la productividad es la meta principal; otras veces se hacen esfuerzos de reforestación en sitios otrora cubiertos por ecosistemas forestales con la finalidad de recuperar la cobertura arbórea original (Sáenz-Romero y Lindig-Cisneros 2004). Muchos de los esfuerzos de reforestación son catalogados como restauración, aunque en ocasiones lo que se hace en la práctica es establecer plantaciones con fines comerciales.

Para esta contribución se considerará como restauración ecológica todos aquellos esfuerzos que busquen incrementar la biodiversidad de ecosistemas degradados, con una proporción importante de elementos de flora y fauna nativos, ya sea con fines de recuperar elementos y procesos de los ecosistemas, similares a los existentes en zonas conservadas o en ecosistemas productivos (agrosilvopastoriles).

LIMITANTES ECOLÓGICAS EN EL PROCESO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

El proceso de restauración ecológica debe superar diferentes barreras que evitan el establecimiento de la vegetación nativa y la colonización por distintas especies de fauna. Las primeras barreras son de naturaleza física (figura 1), es decir, factores como las características del sustrato en donde se llevará a cabo el proyecto de restauración, que incluyen topografía inadecuada, estructura alterada (generalmente caracterizada por escasa materia orgánica y pérdida de agregados y microagregados), carencia de nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas y pobre infiltración del agua, sólo por mencionar las más importantes.

Posteriormente, se deben considerar barreras de tipo biológico, como la falta de fuentes de semillas (u otros mecanismos por los cuales las plantas se

Lindig-Cisneros, R., A. Blanco García y O. Valle-Díaz. 2019. Restauración ecológica. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 91-97.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Condiciones del sustrato (o del suelo cuando aún se conserva) en distintos sitios en donde se han hecho esfuerzos de restauración ecológica: a) sitios severamente erosionados en Atécuaro, municipio de Morelia, b) arenales en las inmediaciones del volcán Paricutín, municipio Nuevo Parangaricutiro, campos agrícolas abandonados con sustrato que impide el establecimiento de vegetación nativa, c) suelo que conserva su estructura, aunque las concentraciones de los nutrimentos fundamentales son bajas. Fotos: R. Lindig.

propagan de manera natural, conocidos de manera genérica como diásporas), la presencia de especies invasoras que evitan el establecimiento de especies nativas; el daño por herbívoros, entre otras. En el proceso de restauración se implementan estrategias para superar estas barreras. Lo más frecuente es que primero se lleven a cabo labores para detener la erosión, como la construcción de presas de gaviones u otras estructuras que reducen la escorrentía y retienen el suelo, y que posteriormente se hagan esfuerzos de restauración. En el estado, la mayor parte de los esfuerzos de restauración se realizan a través del apoyo que brinda la Comisión Forestal del Estado, con subdirecciones que atienden la restauración de suelos, y de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que aporta plantas y en ocasiones otro tipo de apoyos.

MARCO LEGAL

En Michoacán se cuenta con un marco legal que establece las condiciones en las que la restauración ecológica se puede llevar a cabo. Aunque no han sido estudiados con la profundidad debida, cabe mencionar algunos aspectos sobresalientes y las oportunidades que existen para potenciar el manejo que busca recuperar la estructura y función de los ecosistemas de los que dependen las comunidades humanas.

En términos legales, la Ley Ambiental y de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo, promulgada el 20 de diciembre de 2007 (Gobierno del Estado 2007), en su artículo 2° establece que la restauración ecológica es una de las

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

herramientas de la política ambiental en el estado, y anota en qué casos se contempla la implementación de medidas de restauración ecológica; por ejemplo, en respuesta a obras de infraestructura en centros de población (Art. 2°, Fracc. XI). En la misma ley se considera de utilidad pública a la restauración ecológica (Art. 3°, Fracc. II), y se menciona la posibilidad de otorgar estímulos fiscales a las actividades de restauración ecológica (Art. 21). Finalmente, en el artículo 82 del capítulo VI de dicha ley, se establecen los términos para determinar zonas de restauración y protección ambiental.

En la legislación, también son aplicables las leyes y normas federales correspondientes a la materia ambiental, y a nivel federal varias dependencias se relacionan con actividades de restauración ecológica, en particular la CONAFOR; sin embargo, y a manera de ejemplo se menciona que en el 2012 no se apoyó ningún proyecto especial de conservación y restauración en Michoacán (CONAFOR 2012), siendo la falta de financiamiento una de las principales limitaciones para desarrollar proyectos de restauración ecológica.

NECESIDADES

El estado no es ajeno a los agentes de deterioro ambiental que han causado pérdidas de ecosistemas y biodiversidad a nivel nacional, en otros capítulos de la presente obra se revisan varios de estos factores y sus consecuencias. En la entidad las pérdidas de suelo por erosión son de particular importancia, ya que alrededor de 55% de la superficie es afectada por este fenómeno (Bravo Espinosa *et al.* 2009). Por otro lado, la deforestación sigue causando reducción de la cobertura boscosa, que para el estado a principios del presente siglo se calculaba entre 1 y 1.8%, dependiendo del tipo de bosque (Bocco *et al.* 2001).

A continuación, se presentan casos bien documentados de esfuerzos de restauración, de mediano y largo plazo, tanto en zonas rurales como urbanas. Los esfuerzos incluyen a instancias públicas, a distintos grupos sociales y al sector académico, incluso, como en el caso de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, implican la coordinación interestatal y la participación de organizaciones internacionales (WWF 2013); se incluyen también proyectos de investigación participativa (Jaramillo-López *et al.* 2014).

ESFUERZOS EN LA MESETA PURÉPECHA

La meseta Purépecha ha sido una región forestal por excelencia en Michoacán y presenta muchos de los problemas socio-ecológicos asociados a ello (Works y Hadley 2004). Aunque la reforestación no necesariamente implica un proceso de restauración ecológica, cuando las condiciones del sitio son propicias o se crean las adecuadas es una herramienta que puede llevar a la recuperación de la biodiversidad y, por lo tanto, a la restauración efectiva (Lamb y Gilmour 2003).

La erupción del volcán Paricutín, en 1943, marcó al paisaje e impactó a las comunidades vecinas, afectando la dinámica social y los procesos productivos de la región. Como consecuencia de dicha erupción, alrededor de 50 km^2 de campos agrícolas, bosques y poblados fueron cubiertos con una capa de ceniza volcánica de espesor variable. En zonas planas con ausencia de vegetación, y que en su mayoría eran campos agrícolas (Eggler 1948, 1963) se formaron arenales que hoy son sitios en donde la sucesión está detenida. Las barreras físicas del área afectada están definidas por las propiedades fisicoquímicas de la ceniza volcánica, por ejemplo, el color casi negro (figura 1b) causa que se alcancen altas temperaturas en la región.

En la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro se desarrollaron técnicas e implementaron estrategias para restaurar arenales con fines productivos forestales; cuando la capa de arena es somera, no más de 60 cm, es posible lograr el establecimiento de árboles si se utilizan materiales que protejan al sustrato de la insolación directa, pero cuando la profundidad es mayor es necesario retirar la arena y posteriormente realizar la reforestación del sitio (Lindig-Cisneros *et al.* 2012).

En la misma comunidad se ha ensayado el uso de arbustos nativos, en particular tamasúchil (*Lupinus elegans*), para mejorar las condiciones del suelo que además es utilizada como especie nodriza; es decir, que crea condiciones favorables para la supervivencia de especies arbóreas (figura 2).

Los resultados de estos ensayos de restauración han permitido recuperar la biodiversidad de especies vegetales (Díaz-Rodríguez *et al.* 2012) y animales, estas últimas evaluadas a través de la comunidad de aves (Ortega-Álvarez *et al.* 2013). Una vez que el tamasúchil muere, su hojarasca libera nutrientes en el suelo, lo que permite el establecimiento de otras especies (Blanco-García *et al.* 2011). En este caso, se puede incrementar considerablemente la supervivencia del oyamel (*Abies religiosa*), así como mejorar el desempeño del pino canís (*Pinus pseudostrobus*) y pino lacio (*P. montezumae*). Estas experiencias en la meseta Purépecha ilustran el potencial de la restauración ecológica para recuperar la productividad forestal de sitios que sufrieron impactos severos, así como para recobrar la biodiversidad en sistemas productivos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Manchones de tamasúchil (*Lupinus elegans*) que actúa como nodriza del oyamel (*Abies religiosa*), en una parcela de restauración en la meseta Purépecha. Foto: R. Lindig.

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA COSTA Y TIERRA CALIENTE

La restauración integral de bosques tropicales es una actividad poco documentada y sistematizada, en parte porque ha sido poco realizada. Asimismo, aunque el ecosistema tropical más abundante en la entidad es el bosque tropical caducifolio, se trata de un tipo de vegetación que recientemente ha recibido un poco de atención en el estado para su conservación y manejo sustentable.

Existen experiencias de reforestación con especies nativas del bosque tropical caducifolio, y obras de conservación de suelos, ambas auspiciadas por proyectos gubernamentales, como el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES), Pronatura y el Programa de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad (COINBIO). De esa manera, en regiones con alta marginación socioeconómica, como es la Reserva de la Biosfera de Zicuirán-Infiernillo (RBZI), ubicada en los municipios de La Huacana, Churumuco, Arteaga y Tumbiscatío, los pobladores han obtenido, en años recientes, incentivos económicos y asesoría técnica para establecer reforestaciones de frijolillo (*Caesalpinia platyloban*), cuerámo (*Cordia elaeagnoide*) y cascalote (*Caesalpinia coriari*). Las tres son especies nativas del bosque tropical caducifolio de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, y son utilizadas ya que son pocas las especies que pueden soportar las condiciones climáticas adversas que experimenta este tipo de vegetación en la época seca. La planta ha sido producida localmente, a partir de semilla de procedencia de la región, para garantizar una mayor aclimatación y supervivencia en los sitios donde es establecida; sin embargo, puede ser necesario modificar algunas de estas prácticas debido a los efectos del cambio climático en la distribución natural de la vegetación (Sáenz-Romero *et al.* 2012).

Aun cuando el objetivo no ha sido la restauración, en sentido estricto, merece ser mencionado el establecimiento de cercas vivas realizado en el 2012 en el ejido La Vinata, municipio de Arteaga, donde se han plantado 24 km de cercas vivas de frijolillo, auspiciadas por el programa PROCODES del gobierno federal (Tornéz 2013).

En esta misma región se han realizado, mediante proyectos comunitarios, obras de conservación de suelos en sitios erosionados y en cauces fluviales con caudal abundante en la época lluviosa, dichas obras consisten básicamente en la construcción de muros y represas de piedra acomodada, que contabilizan alrededor de 1 033 m^3, y han sido construidas en los municipios de La Huacana (ejidos San Francisco de los Ranchos y Francisco Villa), Arteaga (ejido Toluquilla) y Churumuco (ejido San Martín de la Luz).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

RESTAURACIÓN URBANA

En el contexto urbano, la restauración ecológica es cada vez más frecuente debido al impacto que tiene en grupos grandes de población y también por la necesidad de restablecer funciones ecosistémicas clave en núcleos de población, como la reducción de inundaciones o el control del clima urbano.

En el caso de Michoacán, sobresalen los esfuerzos de restauración realizados en Loma de Santa María y en Cerro Punhuato. La primera, ubicada al sur de la ciudad de Morelia, es un área importante para la conservación de la biodiversidad y uno de los parques públicos de mayor relevancia. La zona presenta huellas del impacto histórico de las actividades humanas y del crecimiento de la zona urbana de la ciudad de Morelia, por ello, el Gobierno del Estado realizó una serie de acciones encaminadas a procurar la restauración ecológica de tan importante área; la primera medida fue decretar el área como Zona de Restauración y Protección Ambiental, en 2009, y como complemento del decreto se elaboró un plan de restauración ecológica basado en los lineamientos establecidos por la Sociedad para la Restauración Ecológica Internacional (Marín Togo 2010).

Las acciones de restauración iniciaron en 2010, siendo las principales áreas de trabajo la eliminación de agentes de disturbio, en particular la ganadería, la colecta de germoplasma, la reforestación y protección del suelo, la prevención y combate de incendios, vigilancia, monitoreo y señalización; actualmente se pueden observar algunos de los efectos de dichas acciones (figuras 3 y 4).

Como consecuencia de la propagación, en la zona se han plantado 11 838 individuos y sembrado 60 kg de semilla. Entre las especies destacan: *Albizia plurijuga*, *Fraxinus uhdei,* diversas especies de encino y cuatro especies de pinos (*Pinus oocarpa*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla* y *P. devoniana)*. En este proceso se han canalizado iniciativas ciudadanas de reforestación y posterior adopción de áreas; en las áreas susceptibles de erosión se construyó un kilómetro de zanjas derivadoras y 270 zanjas trincheras.

Cerro Punhuato se ubica al oriente de la ciudad de Morelia, en la colindancia con la mancha urbana, y es un área natural protegida de carácter estatal decretada el 26 de enero de 2006 (Gobierno del Estado 2005). Este lugar presenta una interesante historia de recuperación ambiental, donde se puede atestiguar el resultado de más de 20 años de trabajo colaborativo entre la iniciativa privada, el gobierno estatal y el sector académico. En 1991 un grupo de ciudadanos comenzaron el rescate y conservación del cerro, propiedad de la Unión Nacional de Resineros, A.C., mediante una ardua reforestación y la realización de obras de conservación del suelo. Para el 2005 el sitio quedó bajo la administración

FIGURA 3. Efecto de la exclusión del ganado en Loma de Santa María: a) antes de la exclusión, b) después de la exclusión. Foto: O. Valle.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Desarrollo de la vegetación como consecuencia de los esfuerzos de restauración en Loma de Santa María: a) condiciones iniciales, b) dos años después. Foto: O. Valle.

de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente de Michoacán, encargada de llevar a cabo acciones permanentes de conservación y restauración de ese sitio que funciona como refugio de una gran cantidad de especies de flora y fauna (SUMA 2008). Las acciones han consistido en la restauración ecológica de áreas degradadas, establecimiento de un vivero, obras de captación de agua pluvial y de retención de suelos, actividades de educación ambiental, conservación de flora y fauna, sustitución gradual de especies exóticas y propagación de especies arbóreas que se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo estatus de protección, como *Albizia plurijuga* y *Cedrela dugesii*.

Aun cuando el rango altitudinal de Cerro Punhuato (2 030-2 320 msnm) pudo haber permitido la existencia del bosque de pino-encino, como vegetación original, actualmente existe una limitante para restaurar ese tipo de vegetación en gran parte del sitio. La mayoría de las especies de coníferas nativas utilizadas durante los últimos ocho años en el programa de reforestación (*Pinus devoniana*, *P. pseudostrobus*, *P. lawsonii*, *P. teocote* y *P. leiophylla*) muestran cada año bajos valores de supervivencia debido a las altas temperaturas durante la época seca. Las temperaturas registradas, hasta 43 °C, son probablemente consecuencia del fenómeno de isla de calor urbano (Valle Díaz *et al.* 2009). Por lo tanto, la posibilidad de restaurar un bosque de pino-encino en una buena parte del Cerro Punhuato es limitada, además de que, como ya se mencionó, las especies del matorral subtropical y el bosque tropical caducifolio muestran mayor regeneración (*E. polystachya, A. pennatula, B. cuneata y B. fagaroides*) en detrimento de las especies de afinidad templada.

CONCLUSIONES

La restauración ecológica es una práctica de manejo cada vez más frecuente en Michoacán; sin embargo, dimensionar su importancia es difícil debido a la falta de acceso a la información sobre proyectos y logros. Casi toda la información disponible deriva de los proyectos realizados por instituciones académicas o en su colaboración. A pesar de lo anterior, se puede llegar a varias conclusiones y recomendaciones. Por un lado, los proyectos que muestran logros tangibles son aquellos en donde se da la coparticipación proactiva del sector público, privado, social y académico, como es el caso de proyectos de restauración en la meseta Purépecha y en las inmediaciones de Morelia.

En los proyectos de restauración en las zonas rurales, la escasa información disponible indica que son más aceptados cuando se tiene como meta la recuperación de aspectos productivos del ecosistema. En las zonas urbanas, la restauración ha reiniciado procesos naturales que incrementan la cobertura vegetal y la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

recuperación de servicios ecosistémicos, como es el caso de Loma de Santa María y de Cerro Punhuato.

Además de la falta de registro de los esfuerzos y logros de las diferentes acciones que se llevan a cabo en materia de restauración ecológica, la falta de sensibilización de algunos grupos de la población, sobre la importancia de las especies nativas, es otra limitante para incorporar esta actividad con mayor intensidad al manejo de ecosistemas orientados a recuperar y mantener la biodiversidad. Sin embargo, en el estado se han logrado avances considerables en la restauración ecológica, desde las comunidades y con las autoridades locales y estatales, y con ayuda de la academia. El potencial de la restauración ecológica en Michoacán es considerable, y dados los niveles de daño que han sufrido muchos de sus ecosistemas es necesario mayor apoyo económico y coordinación entre sectores para que dicha actividad apoye en la recuperación de los ecosistemas.

REFERENCIAS

Blanco-García, A., C. Sáenz-Romero, C. Martorell *et al.* 2011. Nurse-plant and mulching effects on three conifer species in a Mexican temperate forest. *Ecological Engineering* 37:994-998.

Bocco, G., M. Mendoza y O.R. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44:18-38.

Bravo Espinosa, M., M.E. Mendoza Cantú y L.E. Medina Orozco. 2009. Escenarios de erosión bajo diferentes manejos agrícolas en la cuenca del lago de Zirahuén, Michoacán, México. *Investigaciones Geográficas* 68:73-84.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2008. *Manual operativo para restauración y conservación de suelos*. Coordinación General de Conservación y Restauración-CONAFOR, México.

——. 2012. Apoyos por programa. En: *<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2012>*, última consulta: 13 de julio de 2018.

Díaz-Rodríguez, B., A. Blanco-García, M. Gómez-Romero y R. Lindig-Cisneros. 2012. Filling the gap: restoration of biodiversity for conservation in productive forest landscapes. *Ecological Engineering* 40:88-94.

Eggler, W.A. 1948. Plant communities in the vicinity of the volcano Paricutín, México, after two and a half years of eruption. *Ecology* 29:415-437.

——. 1963. Plant life of Paricutín volcano, México, eight years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 69:38-67.

Gobierno del Estado. 2007. Ley Ambiental y de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán. Publicada el 20 de diciembre de 2007 en el POE. Texto vigente.

——. 2008. Decreto que declara como área natural protegida al sitio conocido como "Cerro Punhuato" del Municipio de Morelia, Michoacán de Ocampo. Publicada el 26 de enero de 2005 en el POE. Última reforma publicada el 15 de febrero de 2008.

Jaramillo-López, P.F., M.I. Ramírez y D.R. Pérez-Salicrup. 2014. Impacts of bokashi on survival and growth rates of *Pinus pseudostrobus* in community reforestation projects. *Journal of Environmental Management* 150:48-56.

Lamb, D. y D. Gilmour. 2003. *Rehabilitation and restoration of degraded forests*. IUCN/WWF, Suiza.

Lindig-Cisneros, R., I. MacGregor-Fors, R. Ortega-Álvarez y A. Blanco-García. 2012. Restoration and the sustainable use of complex landscapes: an integrative conceptual model. En: *Land Management*. S. Suthar (ed.). Nova Science Publishers, Nueva York, pp. 113-124.

Marín Togo, M.C. 2010. Programa de restauración de la loma de Santa María y depresiones adyacentes. Gobierno del Estado de Michoacán, Morelia.

Ortega-Álvarez, R., R. Lindig-Cisneros, I. MacGregor-Fors *et al.* 2013. Avian community responses to restoration efforts in a complex volcanic landscape. *Ecological Engineering* 53:275-283.

Sáenz-Romero, C. y R. Lindig-Cisneros. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán. *Ciencia Nicolaita* 37:107-122.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston *et al.* 2012. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México; impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345.

SER. Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group. 2004. The SER Primer on Ecological Restoration. En: *<www.ser.org/>*, última consulta: febrero de 2013.

SUMA. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2008. Programa de Manejo del Área Natural Protegida Cerro Punhuato. SUMA, Morelia.

Tornéz Álvarez, M.A. 2013. Profesional ejecutivo de servicios especializados de la Reserva de la Biosfera de Zicuirán-Infiernillo. Comunicación personal.

Valle-Díaz, O., A. Blanco-García, C. Bonfil *et al.* 2009. Altitudinal range shift detected through seedling survival of *Ceiba aesculifolia* in an area under the influence of an urban heat island. *Forest Ecology and Management* 258:1511-1515.

Works, M.A y K.S. Hadley. 2004. The cultural context of forest degradation in adjacent Purepechan communities, Michoacan, Mexico. *Geographical Journal* 170:22-38.

WWF. World Wildlife Fund. 2013. Programa Mariposa Monarca. En: *<http://www.wwf.org.mx/wwfmex/descargas/FS_region_monarca_0803.pdf>*, última consulta: 10 de febrero de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El zapote prieto: un frutal silvestre en extinción

JOSÉ SANTIAGO ARIZAGA PÉREZ, IGNACIO TORRES GARCÍA Y ERNESTO VICENTE VEGA PEÑA

INTRODUCCIÓN

Su nombre científico es *Diospyros xolocotzii* y en Michoacán se conoce como zapote prieto o zapotillo negro (Torres y Arizaga 2014). Junto con *D. digyna*, *D. oaxacana* y *D. verae-crucis*, son las cuatro especies mexicanas de zapotes del género *Diospyros* reportadas para el estado (Madrigal-Sánchez y Rzedowski 1988, Fernández *et al.* 1998, Segura-Lezama *et al.* 2009).

Es un árbol silvestre de 4-7 m de altura que presenta los sexos separados entre individuos; hay individuos femeninos y masculinos (Madrigal-Sánchez y Rzedowski 1988, Sánchez-Atanacio 2009). Sólo las flores femeninas se convierten en frutos después de ser polinizadas por las flores masculinas (Sánchez-Atanacio 2009).

Se distribuye en los estados de Guanajuato y Michoacán; en el primero sólo se ha encontrado en una localidad (Las Pilas), mientras que para Michoacán se ha registrado en los municipios de Morelia (manantial La Mintzita, Santa María de Guido y Santiago Undameo), Queréndaro (Queréndaro) y Sahuayo (Sahuayo; Torres y Arizaga 2014, Arizaga 2015; figura 1).

La cantidad de individuos de esta especie en el estado es baja, estimada en 69 individuos genéticos originados de semillas (genets), aunque muchos de ellos producen individuos clonales (ramets; Arizaga 2015). En La Mintzita se han enlistado 56 individuos en 25 ha, con nueve árboles reproductivos femeninos y 16 árboles reproductivos masculinos, el resto son individuos juveniles. En Santiago Undameo hay cinco zapotes en 400 m^2; tres son árboles femeninos, un árbol masculino y un individuo juvenil (Bacilio-López 2013). En Santa María de Guido se reporta sólo un individuo masculino en 40 m^2. En Sahuayo hay cuatro zapotes en 50 m^2, con un árbol femenino y tres individuos juveniles. Mientras que en Queréndaro se han observado tres individuos con cuatro vástagos vegetativos a lo largo de 1.5 km del río; sólo se ha encontrado una hembra reproductiva. En contraste, para Guanajuato se estima una población de cerca de 793 individuos, con varios árboles femeninos reproductivos (Bacilio-López 2013, Torres y Arizaga 2014).

El zapote prieto produce dos tipos de frutos: 1) fértiles, cuando las flores femeninas son polinizadas y 2) infértiles, cuando las flores no son polinizadas. Los primeros son grandes (3.7 cm diámetro) y tienen de 3-4 semillas, mientras que los segundos son más chicos (2.7 cm) y carecen de semillas (Arizaga 2015; figura 2).

En la entidad, la producción de frutos fértiles se presenta principalmente en La Mintzita, mientras que en Queréndaro, Sahuayo y Santiago Undameo no se producen o se producen en poca cantidad, debido a que los individuos masculinos son nulos o pocos y están alejados de los árboles femeninos (Bacilio-López 2013, Arizaga 2015).

En La Mintzita sólo tres árboles dan frutos fértiles. Del total de flores producidas 20% son polinizadas, 12% son depredadas, 52% son abortadas y 16% son frutos infértiles, lo que indica una ineficiencia en la polinización (Sánchez-Atanacio 2009).

Las semillas muestran una germinación que oscila de 50% a 90%, según la localidad de procedencia y las condiciones a las que son sometidas, lo que indica que es posible cultivarlas; sin embargo, en condiciones naturales es raro observar plántulas (Beltrán 2012, Bacilio-López 2013, Torres y Arizaga 2014).

En condiciones naturales el crecimiento de la planta es lento, se considera requieren de 25 a 35 años para alcanzar la edad reproductiva. Bajo condiciones de vivero el zapote puede iniciar su edad reproductiva en nueve años (Arizaga 2015).

IMPORTANCIA ECONÓMICA

La especie tiene importancia potencial como fruta de temporada para el consumo humano. Se reporta que hace 60-70 años algunas personas consumían el fruto en La Mintzita, Undameo, Queréndaro y Las Pilas. En la actualidad ya no lo comen porque se ha perdido ese conocimiento o porque proceden de otros sitios; incluso algunas personas consideran que este fruto silvestre es dañino (Arizaga 2015). Sin embargo, análisis bioquímicos demuestran que el fruto es comestible y de alto valor nutricional, comparado con otros zapotes comestibles que se comercializan en el país, como el zapote negro (*D. digyna*) y el pérsimo (*D. kaki*); diversos estudios demuestran que presenta tóxicos en cantidades bajas, los cuales no tienen efectos nocivos a la salud (Guzmán-Corona 2014).

Arizaga, S., I. Torres-García y E. Vega-Peña. 2019. El zapote prieto: un frutal silvestre en extinción. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 99-103.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

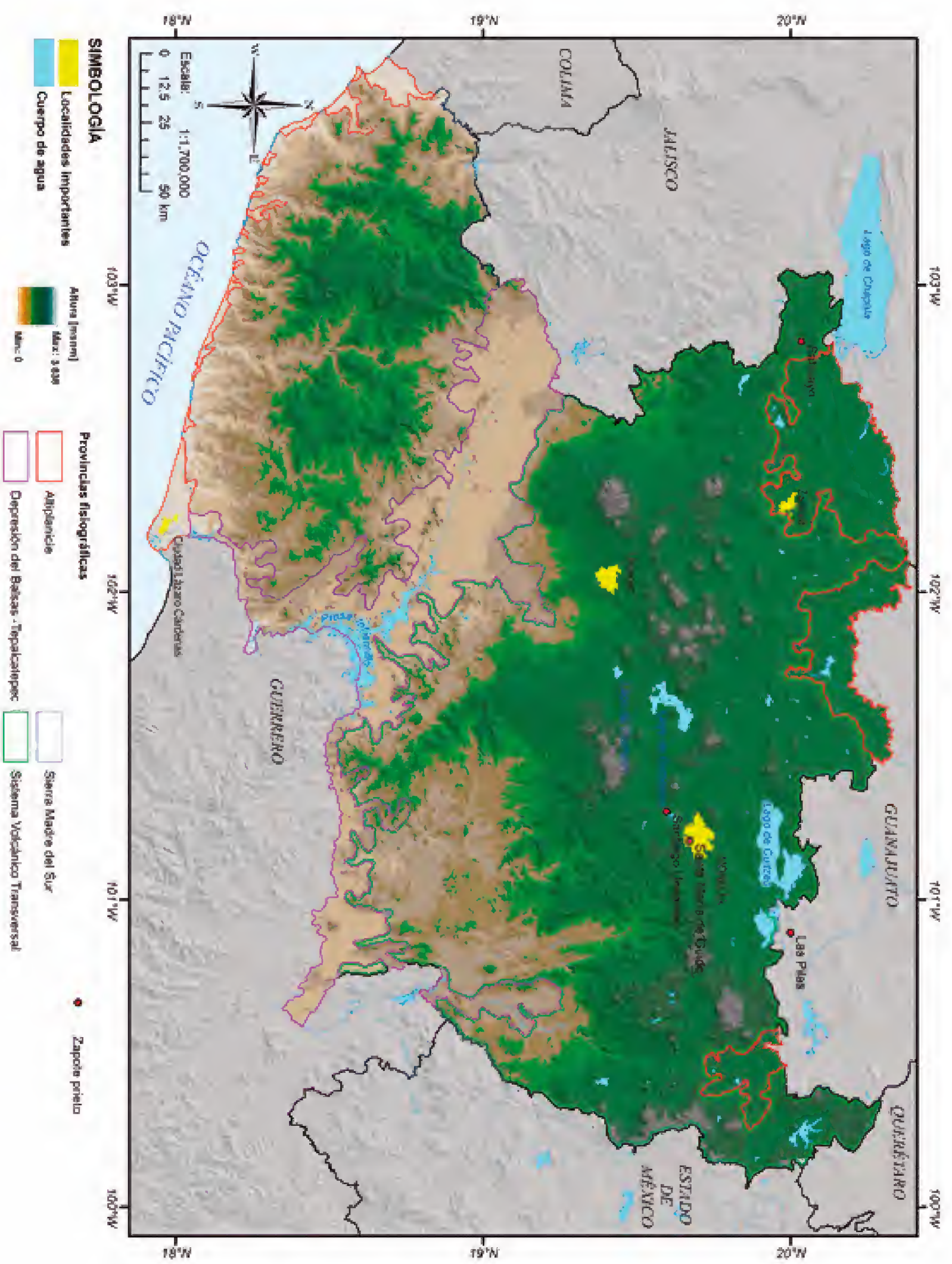


FIGURA 1. Distribución natural del zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*) para México. Los puntos rojos indican las localidades actualmente conocidas donde se ha registrado la especie. El polígono en rojo señala la cuenca de Cuitzeo. Fuente: Torres y Arizaga 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Comparativo del tamaño y tipo de semillas entre frutos infértiles –derecha– y fértiles –izquierda– del zapote prieto. Fotos: Santiago Arizaga e Iván Mendoza Amaro.

A pesar de que el fruto es pequeño (3.7 cm de diámetro y un peso de 0.37 g), se estima que un árbol grande, bajo manejo agronómico adecuado, podría producir de 1 000 a 4 800 frutos, es decir, entre 37 y 178 kg de fruta por árbol (Sánchez-Atanacio 2009). Los frutos pueden ser cosechados aún verdes y a temperatura ambiente (23 °C), alcanzando la maduración después de dos semanas; mientras que en refrigeración (3 °C) se consigue la madurez en un mes. No obstante, su manejo debe realizarse con cuidado, ya que los frutos maduros se vuelven frágiles (Sánchez-Atanacio 2009, Guzmán-Corona 2014).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

El zapote prieto establece una serie de interacciones bióticas con otros organismos, entre los que Arizaga (2015) reporta los siguientes:

a) Polinización. Posiblemente algunos insectos que visitan las flores (abejas nativas y europeas, mariposas y escarabajos) sean polinizadores
b) Soporte. Algunos individuos de zapote funcionan como tutores o soporte de otras plantas silvestres del tipo de las enredaderas o los bejucos
c) Hospedaje. Entre las ramas y troncos del zapote se observan algunos organismos que viven sobre ellos, como lagartijas, bromelias y líquenes
d) Perchado. Las ramas del zapote son sitios en donde las aves se posan con diferentes fines (descanso, alimentación o búsqueda de pareja)
e) Anidación. Las ramas y troncos funcionan también como sitios para que las aves aniden o como madriguera de algunos insectos
f) Herbivoría. Las hojas son cosechadas por hormigas arrieras (*Atta* sp.); también hay una oruga de mariposa que se alimenta de las hojas
g) Dispersión. En Guanajuato las semillas son dispersadas en las excretas del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y del tejón (*Nasua narica),* después de que el fruto es comido. Para Michoacán ya no se reporta ese proceso natural (Bacilio-López 2013)
h) Islas de fertilidad. Bajo la copa de los árboles se desarrollan varias hierbas anuales, durante la temporada de lluvias, lo que sugiere que actúa como un proceso facilitador para el desarrollo de otras plantas.
i) Purificación atmosférica. Como especie vegetal contribuye a la fijación de bióxido de carbono y liberación de oxígeno
j) Simbiosis. Evaluaciones preliminares demostraron que en la rizósfera del zapote se establecen micorrizas

AMENAZAS Y OPORTUNIDADES PARA SU CONSERVACIÓN

El zapote prieto ha sido catalogado como una especie en peligro de extinción (Arizaga *et al.* 2010, SEMARNAT 2010). En Michoacán todas las poblaciones de zapote prieto muestran un grave problema de conservación debido a que el ambiente donde se desarrollan ha sido dramáticamente alterado y reducido por las actividades humanas (establecimiento de una papelera, agricultura, ganadería y el crecimiento urbano y rural), dando como resultado la presencia de pocos individuos en áreas pequeñas (figura 3).

Aunque desde el descubrimiento de la especie hasta la fecha se ha incrementado el conocimiento sobre su distribución y cantidad de individuos, el zapote está en proceso de extinción para Michoacán, ya que el establecimiento natural es nulo y la cantidad baja (Madrigal-Sánchez y Rzedowski 1988, Bacilio-López 2013, Torres y Arizaga 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Panorámica del hábitat en el ANP Manantial La Mintzita, en donde se aprecia un individuo de zapote prieto inmerso en las parcelas agrícolas. Foto: Santiago Arizaga.

En Santa María de Guido, Santiago Undameo, Queréndaro y Sahuayo, los individuos presentes ya no garantizan su recuperación poblacional por procesos naturales, por lo que tienen altas probabilidades de desaparecer a corto plazo. En La Mintzita, la tendencia va en la misma dirección si no se reducen los factores que la afectan, principalmente los asentamientos humanos y la agricultura (Arizaga 2015).

Para rescatar al zapote prieto de la extinción es necesario implementar un programa permanente de cultivo, tanto por semillas como vegetativo (injertos y cultivo de tejidos), seguido por la siembra de los individuos, tanto en su ambiente natural como fuera del mismo. Además, es posible replantar nuevos individuos de otras localidades, con lo que se enriquecería el germoplasma futuro de la especie (Arizaga 2015).

Otra opción consiste en implementar el establecimiento de huertos productivos, tomando en consideración los conocimientos alcanzados sobre la especie y su capacidad de propagación (Beltrán 2012), el tiempo requerido para alcanzar la edad reproductiva (Arizaga 2015) y el valor nutricional del fruto (Guzmán-Corona 2014).

El monitoreo y cuidado, tanto de la nueva descendencia como de los individuos ya establecidos en cada localidad, es crucial para conocer su supervivencia y desarrollo. Estas acciones requieren de la participación integral del gobierno y la comunidad científica, pero sobre todo de la ciudadanía, generando un cambio de conciencia para valorar, respetar, coexistir y cuidar la especie en lugar de dañarla, talarla o sustituirla por otros árboles que en muchas ocasiones son de otras regiones (especies exóticas).

REFERENCIAS

Arizaga, S. 2015. Académico de la Escuela Nacional de Estudios Superiores de la UNAM-Campus Morelia. Comunicación personal

Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, K. Oyama y V. Rocha. 2010. Método de evaluación de riesgo para *D. xolocotzii*. Informe Técnico CONABIO del Proyecto: Ecología, genética y propagación de *Diospyros xolocotzii* (Ebenaceae), especie prioritaria para la conservación. CONABIO, México.

Bacilio-López, R. 2013. *Avances en el conocimiento de la ecología del zapote prieto (Diospyros xolocotzii) en la cuenca de Cuitzeo*. Tesis de licenciatura de ingeniería forestal. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán.

Beltrán M., D. 2012. *Evaluación del potencial de propagación vegetativa en zapote prieto (Diospyros xolocotzii)*. Tesis de licenciatura de ingeniería forestal. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán.

Fernández, R.N., C. Rodríguez, M.L. Arreguín y A. Rodríguez. 1998. Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 9:1-151.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Guzmán-Corona, M.A. 2014. *Cambios bioquímicos durante el proceso de maduración en el fruto del zapote prieto (Diospyros xolocotzii)*. Tesis de licenciatura de ingeniería bioquímica. Universidad Tecnológica de Morelia, Michoacán.

Madrigal-Sánchez, X. y J. Rzedowski. 1988. Una especie nueva de *Diospyros* (Ebenaceae) del municipio de Morelia, estado de Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 1:3-6.

Sánchez-Atanacio, F. 2009. *Bases ecológicas y agronómicas del zapote prieto (Diospyros xolocotzii): una especie amenazada de Michoacán*. Tesis de licenciatura en agronomía. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán.

Segura-Lezama, S., D. Zavala Robles, C. Equihua Cervantes *et al*. 2009. Los recursos genéticos de frutales de Michoacán. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15:297-305.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Torres, I. y S. Arizaga. 2014. Nota sobre nuevas localidades de poblaciones silvestres del zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*, Ebenaceae), especie amenazada del occidente de México. *Acta Botanica Mexicana* 107:19-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El ajolote de montaña en el arroyo Palos Prietos: una oportunidad para la conservación

PABLO ZÁRATE SEGURA, JOSÉ DE JESÚS ALFONSO FUENTES JUNCO, CARLA NOEMÍ SUÁREZ REYES Y KARLA ISADORA TORRES GUERRERO

INTRODUCCIÓN

El *Ambystoma ordinarium,* comúnmente conocido como ajolote de montaña, destaca por ser una especie endémica a México categorizada por la Norma Oficial Mexicana 059 como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT 2010). Por otra parte, en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2012) se le clasifica como una especie en peligro (EN: *endangered*). De acuerdo con estudios recientes, de 1972 a la fecha esta especie ha desaparecido en 20 de las 32 localidades en las que se había reportado (Anderson y Worthington 1971, Anderson 1975, Huacuz 2008, Soto-Rojas 2012) lo que significa que, en casi 40 años la especie pudo haber desaparecido en 62.5% de su área de distribución (Soto-Rojas 2012).

En el estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario del ejido de Tumbisca (municipio de Morelia), realizado en 2007, se detectó una nueva población de *A. ordinarium*, aproximadamente a 2.5 km de la localidad El Laurelito, perteneciente al ejido de Tumbisca, 10 km al sur de la ciudad de Morelia. La población se ubica en la parte alta de la cuenca del río Chiquito, a una altitud de 2 267 msnm, en el arroyo conocido localmente como Palos Prietos, la vegetación dominante corresponde a bosques de pino-encino y cuenta con un clima de tipo templado, con verano fresco y largo con lluvias en verano (García 2004).

Con este descubrimiento, el ejido Tumbisca, junto con el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES antes CIECO) y posteriormente la Escuela Nacional de Estudios Superiores, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), plantearon la necesidad de evaluar el estado actual de la población de *A. ordinarium* que habita en esta región.

El presente trabajo contribuye con una evaluación de la abundancia y fluctuación anual de la población de esa especie, así como con la caracterización del hábitat y de los parámetros fisicoquímicos del agua del arroyo Palos Prietos, involucrando la participación del ejido a través de técnicos comunitarios interesados en la conservación de esta especie.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL AJOLOTE

El monitoreo de la población de *A. ordinarium* se realizó de mayo del 2011 a febrero del 2012, a lo largo del arroyo Palos Prietos, adaptando la metodología establecida por Lips *et al.* (2001) que consiste en realizar caminatas en un transecto determinado, observando y contando los organismos avistados (figura 1).

FIGURA 1. Ejemplares del ajolote de montaña (*A. ordinarium*). Foto: Zárate-Segura 2012.

Zárate-Segura, P., J.J. Fuentes Junco, C.N. Suárez-Reyes y K.I. Torres-Guerrero. 2019. El ajolote de montaña en el arroyo Palos Prietos: una oportunidad para la conservación. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 105-107.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Se obtuvieron un total de 409 registros de organismos: 78 adultos, 149 juveniles y 84 larvas; asimismo, se registraron 98 huevos cuyo número se estima como bajo en relación al número de adultos en etapa reproductiva registrados. De acuerdo con los datos obtenidos, los juveniles fueron los mejor representados, con 36.43%, seguido de los huevos con 23.96%, larvas con 20.53% y por último los adultos con 19.07%. Se observaron cambios a lo largo del año en la estructura de la población de *A. ordinarium* en el arroyo Palos Prietos, ya que los huevos sólo se registraron de diciembre a febrero; el número de larvas se incrementó en los meses de diciembre a abril, mientras que el número de organismos juveniles se incrementó en los meses de octubre a noviembre (figura 2).

Finalmente, también como resultado del monitoreo, ahora se sabe que el ajolote de montaña de Palos Prietos habita en los remansos del arroyo con profundidades promedio de 26.3 cm y sustratos a base de lodo, arena y grava, en su mayoría, con cobertura vegetal circundante de pino y elementos de bosque de galería.

CALIDAD DEL AGUA

Se realizó también la medición de parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando el equipo *Alabama Water Quality Monitoring* de análisis en campo. Para determinar la calidad del agua se monitorearon los factores fisicoquímicos básicos, tales como alcalinidad, dureza total, pH, oxígeno disuelto, turbidez y temperatura del aire y del agua, para 15 puntos con presencia del ajolote (sitios A) y para 10 puntos en ausencia de éstos (sitios B), con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre sitios.

Los datos obtenidos del monitoreo de calidad del agua se contrastaron con los requerimientos de hábitat básicos para la especie, obteniendo como resultado que, el agua del arroyo Palos Prietos es de alta calidad (cuadro 1), idónea para el establecimiento y mantenimiento de la población de *A. ordinarium*; en este caso no se observaron diferencias significativas en las características fisicoquímicas, entre sitios con presencia o ausencia de organismos.

PROMOCIÓN DE CAPACIDADES PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL AJOLOTE

A lo largo del proceso de monitoreo, y contando con el interés del ejido, se capacitaron como técnicos comunitarios a cuatro jóvenes de la localidad de El Laurelito, para la continuación de los monitoreos de la población de *A. ordinarium* y de la calidad del agua. A partir del estudio estos jóvenes se han involucrado en diversas acciones que promueven la conservación, tanto del ecosistema como de la misma especie, llevando a cabo pláticas de educación ambiental dentro de su comunidad, con los niños de la escuela primaria del lugar, así como con las personas que visitan la zona en donde se encuentra el ajolote de montaña.

Los resultados del monitoreo, combinados con la participación del ejido en el arroyo Palos Prietos han proporcionado las condiciones óptimas, físicas, ambientales y sociales, para sostener a la población del

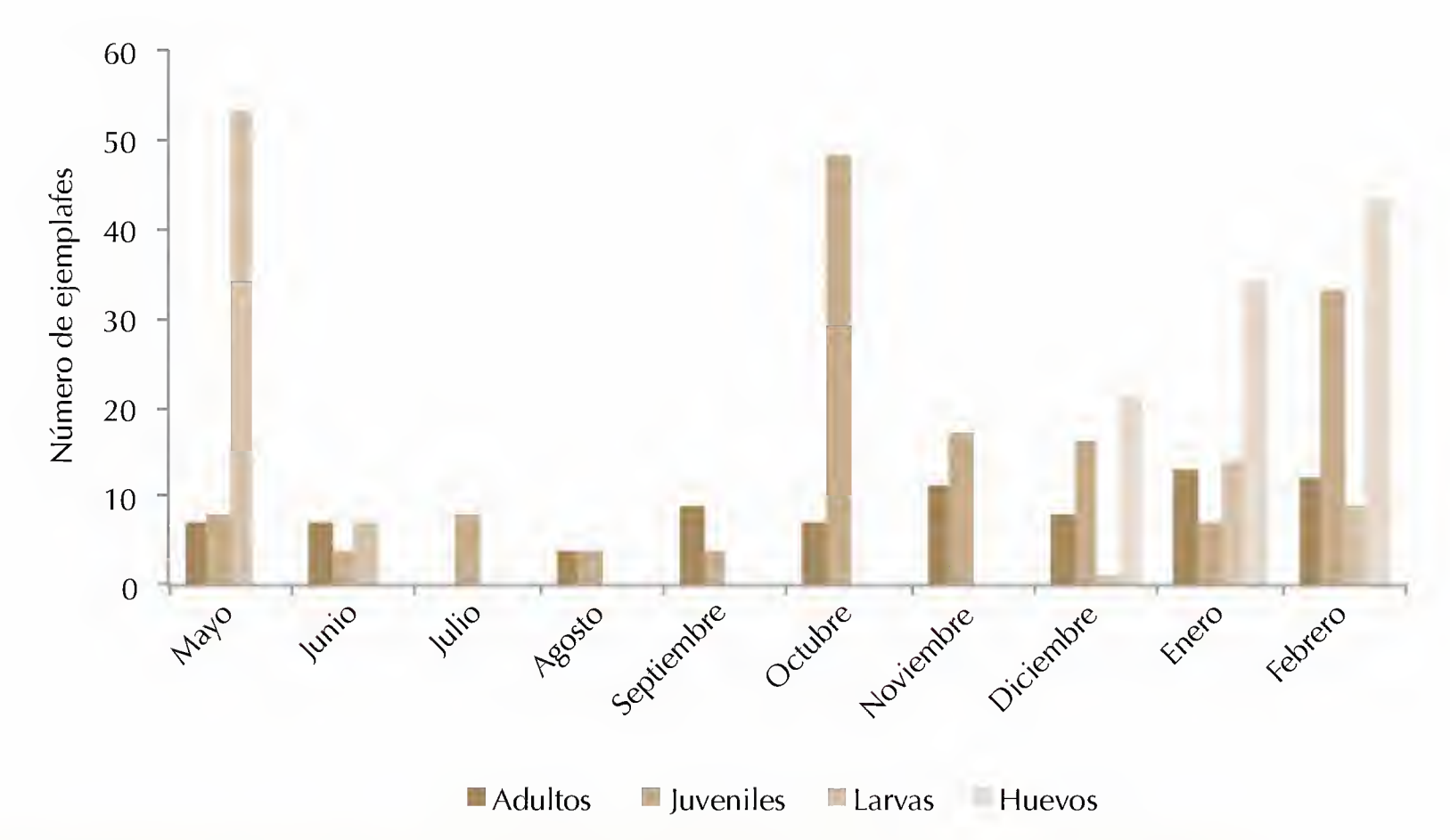


FIGURA 2. Frecuencia de aparición por categoría durante el periodo de colecta. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Promedio de parámetros fisicoquímicos y su comparación con los requerimientos básicos para la vida acuática.

Parámetros fisicoquímicos	Sitios A	Sitios B	Rangos de tolerancia para la subsistencia de *A. ordinarium*
Alcalinidad total (mg/L)	68.3	61.8	75-150[4]
Dureza total (mg/L)	48.6	40.0	50-150[1]
pH (potencial hidrógeno)	6.8	6.8	6.0-8.0[1,2,4,]
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.5	6.2	5-10[1]
Turbidez y visibilidad (JTU)	6.9	5.7	0.5-10[1]
Temperatura ambiente (ºC)	14.5	13.8	16-26.5[3]
Temperatura del agua (ºC)	13.7	13.5	14.5-17.2[1,3]

Sitios A: con presencia de ajolotes, sitios B: sin ajolotes.
Fuente: [1]Huacuz 2012, [2]Pérez *et. al.* 2006, [3]Soto-Rojas 2012, [4]Zárate-Segura 2012.

ajolote de montaña. El proyecto de ordenamiento territorial comunitario ha facilitado el desarrollo de proyectos ejidales de conservación y aprovechamiento, tanto del bosque como del ajolote de montaña, dirigidos hacia actividades de educación ambiental y ecoturismo, entre las cuales se cuenta la puesta en marcha del Centro de Educación Ambiental y Ecoturístico El Laurelito; dicho proyecto incluirá el seguimiento, a largo plazo, de las poblaciones de ajolote. Lo anterior tendrá efectos importantes para enfrentar los retos que se presentan para la conservación, tales como la pérdida de los bosques, la contaminación de los cuerpos de agua y la amenaza de urbanización creciente de la ciudad de Morelia.

REFERENCIAS

Anderson, J.D. y R.D. Worthington. 1971. The life history of the mexican salamander *Ambystoma ordinarium* Taylor. *Herpetologica* 27:165-176.

Anderson, J.D. 1975. *Ambystoma ordinarium. Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 164:1-2.

García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* 5a edición, Serie Libros, núm. 6. Instituto de Geografía-UNAM, México.

Huacuz E., D. 2008. *Manejo y conservación de las especies del género Ambystoma (Caudata: Abystomatidae) en Michoacán, México.* Tesis doctoral. Universidad de Salamanca, España.

——. 2012. *Manual para el manejo ex situ del achoque.* Editorial Morevalladolid, Morelia.

Lips, K.R., J.K. Reaser, B.E. Young y R. Ibáñez. 2001. Amphibian monitoring in Latin America: a protocol manual/ Monitoreo de anfibios en América Latina: manual de protocolos. Herpetological Circular 30. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Oxford, Ohio.

Pérez S., M.C., M. Gutiérrez, O. Morales y J. Pérez. 2006. Experiencias de cultivo de achoque (*Ambystoma dumerilii*) en cautiverio. Editorial Morevalladolid, Morelia.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Soto-Rojas, C. 2012. *Uso y selección del microhábitat de la salamandra de montaña Ambystoma ordinarium.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 2 de marzo de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conservación y producción orgánica: el caso de la jamaica en La Huacana

ANA LAURA BURGOS

INTRODUCCIÓN

La conciliación de las actividades productivas con la conservación de la biodiversidad es uno de los temas centrales para promover el desarrollo sustentable. En particular, es clave en áreas con alta biodiversidad y endemismos que a la par muestran fuertes rezagos sociales, carencia de oportunidades y falta de estímulos al desarrollo local.

La sección baja de la cuenca del río Balsas –también llamada Bajo Balsas–, abarca una gran extensión de Michoacán en la región de Tierra Caliente. Similar al resto de la cuenca del río Balsas en Guerrero, el Bajo Balsas michoacano destaca por un agudo rezago socioeconómico, restricciones de clima y suelos para las actividades productivas, y un fuerte abandono gubernamental. Irónicamente muestra un exuberante escenario biológico dominado por vegetación de selva baja caducifolia y subcaducifolia con un alto valor de conservación (Velázquez *et al.* 2009). Es un área donde pobreza y biodiversidad esperan aún por esquemas más integradores que ofrezcan soluciones para reducir la primera y para proteger la segunda.

Para impulsar procesos de desarrollo endógeno en el Bajo Balsas michoacano, en el 2006 dio inicio una estrategia de intervención territorial impulsada por una organización social, el Grupo Balsas, A.C., en colaboración con académicos del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia (CIGA-UNAM). La estrategia estuvo dirigida a fortalecer la acción local para atender problemáticas comunitarias y territoriales, mediante procedimientos participativos científicamente basados en el enfoque de investigación-acción o investigación participativa (Checkland y Hollwell 1998). Las líneas de trabajo se enfocaron en el manejo comunitario del agua (Burgos 2011, Burgos *et al.* 2013, 2017), el control territorial para la conservación comunitaria, la constitución de empresas sociales cooperativas, la producción orgánica (Burgos *et al.* 2007), entre otras.

La producción orgánica se enfocó en el rescate de los productos tradicionalmente cultivados, como flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), ajonjolí (*Sesamun indicum*) y sorgo (*Sorghum* sp.), adecuados para las condiciones agroclimáticas del área, pero cultivados de manera marginal por la baja rentabilidad.

La producción orgánica y el desarrollo de cooperativas se plantearon como pilares de la estrategia de desarrollo económico local. La experiencia de producción orgánica tuvo su centro de origen en comunidades del municipio de La Huacana, ubicado en la ribera norte del embalse de la presa Adolfo López Mateos, mejor conocida como Infiernillo.

La flor de jamaica fue el producto motor que permitió detonar procesos socioambientales que llevaron a la conciliación de la conservación con las actividades productivas; algunos de esos resultados e impactos son presentados en este trabajo.

EL ESCENARIO DEL BAJO BALSAS MICHOACANO

La sección baja de la cuenca del río Balsas (Bajo Balsas) corresponde con la Región Terrestre Prioritaria 116 (RTP 116) definida por la CONABIO (Arriaga *et al.* 2000). Esta área presenta un clima seco y cálido, con temperaturas medias mayores a 22 °C todo el año, y lluvias en verano concentradas entre julio y octubre, con totales anuales de entre 500 y 900 mm, según la altitud sobre el nivel del mar y el año (Trejo-Vázquez 1999). Bajo estas condiciones climáticas, el área ha evolucionado como un enorme reservorio de biodiversidad y endemismos adaptados a largas estaciones secas. Ejemplo de ello es la presencia de mamíferos de tallas medianas y grandes, de gran importancia para la conservación, como el jaguar (*Panthera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el puma (*Puma concolor*), el jaguarundi (*Puma yagouaroundi*; Charre-Medellín *et al.* 2014) y el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*; Núñez-Pérez *et al.* 2011). La RTP 116 es de valor para la conservación tipo 3 (alto) por su fauna, y tipo 2 (importante) por ser centro de origen y diversificación natural para la flora (Arriaga *et al.* 2000).

Por su parte, el clima y relieve regionales son poco adecuados para desarrollar sistemas de producción rural intensivos, lo que ha propiciado modos de vida

Burgos, A.L. 2019. Conservación y producción orgánica: el caso de la jamaica en La Huacana. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 109-114.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

campesinos de subsistencia y escasa rentabilidad. A las restricciones naturales del área se han sumado el aislamiento físico y funcional dado por la falta de conectividad terrestre y de comunicaciones, el abandono histórico de las responsabilidades del Estado-Nación, y la militarización como forma de atención de los problemas sociales por parte del gobierno federal y estatal (Maldonado-Aranda 2012).

Además de la enorme diversidad biológica, la región presenta distintas identidades productivas campesinas que están acopladas a las condiciones locales para el aprovechamiento de los recursos naturales (Kieffer y Burgos 2015). Pero los esquemas de comercialización de los productos locales han estado caracterizados por el abuso de los intermediarios que compran a precios irrisorios la producción agrícola, en condiciones francamente desventajosas para los campesinos. La cría de ganado vacuno y caprino es el principal soporte de los ingresos familiares, aunque el manejo pecuario demanda enormes esfuerzos económicos, especialmente en la época seca; el ganado es, por otra parte, el principal agente de deterioro y degradación de las áreas con cubierta forestal. Finalmente, la pesca de mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en el embalse de la presa Infiernillo es realizada por las comunidades ribereñas, pero la forma en que se realiza y la falta de apoyos orientados al ordenamiento pesquero han llevado al colapso de la pesquería y al empobrecimiento de los pescadores.

En el 2003, Michoacán fue integrado al Programa para la Conservación de la Biodiversidad (COINBIO), con el que se abrió la posibilidad de promover iniciativas comunitarias para la conservación y el desarrollo local. El trabajo en las comunidades locales, por parte de diversas organizaciones sociales y académicas, dio lugar a antecedentes e información que fueron el soporte para el decreto de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo (RBZI) en el 2007. Esa área protegida abarca 265 117 ha de extensión, sobre todo de selva baja caducifolia, y cubre parcialmente los municipios de La Huacana, Churumuco, Arteaga y Tumbiscatío (SEMARNAT 2007, Burgos *et al.* 2010). La presencia de la RBZI permitió disponer de financiamiento adicional a través del Programa para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (PROCODES) para el impulso a iniciativas de conservación y desarrollo.

LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE FLOR DE JAMAICA EN LA HUACANA

En el 2006, la organización Grupo Balsas, A.C. y el CIGA-UNAM, con apoyo de COINBIO realizaron actividades de diagnóstico territorial e inventario de flora y fauna en los ejidos Guadalupe Oropeo, Algodón de Oropeo y El Capirito, del municipio La Huacana. Los diagnósticos detectaron que las comunidades locales producían flor de jamaica de excelente calidad y con un bajo uso de agroquímicos, pero que los bajos precios pagados por los intermediarios habían empujado a los campesinos al abandono del cultivo; ello restaba ingresos potenciales a la de por sí deprimida economía familiar. Así, se identificó la oportunidad de explorar la conversión a producción orgánica e impulsar la llegada del producto a los mercados orgánicos nacionales e internacionales que en la primera década del siglo XXI se encontraban en franca expansión.

Bajo un enfoque de investigación participativa se logró, en poco tiempo, la reapropiación del cultivo y el aprendizaje local para transitar a la modalidad orgánica, la cual se diseminó rápidamente entre los campesinos.

La producción orgánica se realiza en pequeñas superficies, sin el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes químicos, con un manejo de rotación de cultivos y labores no contaminantes del suelo y agua para el control de plagas y enfermedades. Otras buenas prácticas de manejo agroecológico de la parcela son incluidas, las que repercuten en la disminución del impacto en su entorno (figura 1).

Para obtener la certificación orgánica, de forma grupal, se requiere contar con organización para el control interno que garantice que el manejo de las parcelas de todos los productores del grupo se realice con apego a las normas de producción orgánica. Ello requirió la capacitación de jóvenes campesinos como técnicos comunitarios, quienes aprendieron a supervisar y asesorar el proceso de producción orgánica hacia el interior de la organización. La producción orgánica conlleva un salto importante, no sólo en el aprendizaje de una forma de producción diferente y contrastante al modelo convencional, sino que también requiere nuevas formas de organización campesina.

Para propiciar una mejor comercialización de la producción orgánica se orientó la formación de cooperativas comunitarias en cada uno de los tres ejidos vecinos; y en 2009 tuvo lugar su integración en una estructura mayor, denominada Unión Regional de Cooperativas Arroyo San Pedro Jorullo. Esta estructura organizativa dio capacidad operativa para conducir la producción bajo los requerimientos de la certificación orgánica, así como para mejorar el manejo post-cosecha (acopio, empaque, embalaje), la promoción, venta y distribución autogestiva.

Este modelo de producción y operación comercial tuvo un alto impacto en el precio pagado al productor por la flor de jamaica, en relación con el pagado por los acopiadores, dado que el kilo de jamaica deshidratada incrementó de 25 pesos pagados por los acopiadores en el año 2006 a 70 pesos, precio pagado por las cooperativas en 2009.

Las mujeres y jóvenes fueron capacitados para ocupar un papel central en el control de calidad del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Vista general de las parcelas orgánicas con cultivos de jamaica, ajonjolí y sorgo, enmarcadas en el paisaje del Bajo Balsas, en la comunidad El Capirito (municipio de La Huacana), en el mes de octubre de 2012. Foto: Grupo Balsas, A.C.

producto y en el empaque y embalaje, de acuerdo con los requerimientos exigidos por los clientes. Eso requirió un proceso de práctica, aprendizaje y apropiación de nuevas tecnologías, que demandó un activo involucramiento de los grupos externos de apoyo –el Grupo Balsas, A.C. y el CIGA-UNAM–, así como gestión y ejecución de financiamiento de diferentes fuentes. En ese proceso jugó un papel importante el PROCODES, operado por la RBZI.

La organización, las capacidades locales y la cartera de clientes orgánicos de esta unión crecieron rápidamente desde 2009. Para 2015 las tres cooperativas hermanas reunían a 85 socios y cosechaban, acopiaban y comercializaban, de manera autogestiva, más de 15 t anuales de flor de jamaica deshidratada de excelente calidad.

A pesar de las dificultades económicas en México, la demanda del mercado orgánico para la jamaica orgánica fue en aumento, incluso la unión de cooperativas logró incursionar en la exportación de pequeñas cantidades a clientes selectos en EUA. La fortaleza de la organización comunitaria y una mayor estabilidad para realizar las actividades campesinas, como el aseguramiento del barbecho y el precio soporte, propiciaron un giro evidente en la visión de los campesinos hacia su parcela primero, y hacia los territorios locales después.

Pese a ello, el sostenimiento y viabilidad de las empresas sociales ha sido asediado por dificultades graves, como la falta de capital de trabajo y la falta de liquidez en los momentos de acopio; la ausencia de apoyo gubernamental y corrupción de las dependencias públicas, incluso la acción encubierta de los acopiadores que operan en la región, quienes han visto mermado su negocio como intermediarios y controladores indirectos de la vida de los productores.

IMPACTOS DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y LA ORGANIZACIÓN EN LA CONSERVACIÓN ECOLÓGICA DE LOS TERRITORIOS LOCALES

El acercamiento de los productores de La Huacana al modelo orgánico, junto con la organización local alcanzada, dio fuerza a una visión más amplia de las comunidades sobre su entorno, expresada en su inte-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Relaciones causales e impactos en la conservación por la producción orgánica de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en el municipio de La Huacana.

Efectos	Causas directas	Causas indirectas	Impactos para la conservación del área
Menor o ausente expansión de áreas destinadas a la agricultura	La certificación orgánica es realizada a nivel de parcela en pequeñas superficies (<1 ha), lo que limita y evita la apertura de nuevas tierras cultivables en nuevas áreas que no están certificadas	El mayor precio pagado por el producto certificado hace que la actividad agrícola esté concentrada en pequeñas superficies, generando un mayor ingreso con menor esfuerzo y gasto en mano de obra	Disminución de la superficie convertida desde cubiertas forestales (selva baja caducifolia, montes secundarios) a cultivos agrícolas
Aumento de la agrodiversidad	Incorporación de prácticas de rotación de cultivos anuales, por disposición de la certificación orgánica. En el área, la flor de jamaica se rota en las parcelas con ajonjolí y sorgo, manteniendo sistemas de cultivo orgánico más diversos que los tradicionales	Mayor interés del campesino en diversificar la parcela orgánica para aprovechar las bondades de los mercados orgánicos mediante la oferta de un mayor número de productos	Mayor diversificación local y regional de los sistemas de producción rural. Reducción de áreas con monocultivos y sus efectos derivados
Mayor protección a componentes y procesos de los ecosistemas naturales locales	Erradicación de insumos tóxicos (herbicidas, pesticidas) y de su movilidad hacia redes tróficas	Incremento de acciones comunitarias individuales y colectivas para la protección de barrancas y manantiales, reducción de tumbas y quemas en parcelas agrícolas y prácticas agroforestales motivadas por un aumento en la conciencia del papel de la biodiversidad y de los agentes que la afectan	Resguardo de la biodiversidad local
Sostenimiento de la fertilidad de suelos en parcelas certificadas	Presiones de la certificación para aplicación de prácticas para la nutrición de suelos (abonos orgánicos, abonos verdes, rotaciones de cultivos y descanso de parcelas)	Sostenimiento de rendimientos agrícolas en parcelas bajo uso, promueve el mejor manejo de suelos en parcelas en uso, en lugar de abrir nuevas áreas a la agricultura	Contención de la expansión de la frontera agrícola
Menor incidencia de la actividad ganadera	No identificadas	Reducción del peso relativo de la actividad ganadera en la economía familiar, debido al aumento del precio pagado al productor por los productos agrícolas orgánicos	Disminución de la superficie convertida de cubiertas forestales (selva baja caducifolia, montes secundarios) a pastizales
Disminución de la contaminación no puntual y puntual	Eliminación de químicos de alta solubilidad (fertilizantes, herbicidas y pesticidas), moviéndose hacia cuerpos de agua en época de lluvia	Mayor valoración de las fuentes de agua y de la comprensión de los agentes que alteran su calidad (agroquímicos, acción del ganado, defecación al aire libre)	Protección directa e indirecta de fuentes de agua superficiales (manantiales) y subterráneas
Afianzamiento de actitudes y valores de conservación de campesinos y pobladores locales	Presiones de la certificación orgánica para el cumplimento de los estándares. Interés de los clientes orgánicos en el fortalecimiento de procesos de conservación comunitaria	Contacto de las comunidades con otras experiencias similares, y con otros productores orgánicos (campesino a campesino), lo que promueve el reforzamiento de actitudes positivas hacia la conservación ecológica	Expresión de valores de conservación en las instituciones locales (ejidos y cooperativas), incidiendo en la toma de decisiones colectivas para un mejor manejo del territorio

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

rés por acciones concurrentes para la disminución del impacto ambiental. El cuadro 1 detalla siete efectos derivados de la adopción del modelo de producción orgánica y sus impactos en la conservación. La adopción de mejores prácticas agrícolas sustentadas en la certificación orgánica (causas directas), se articularon con otros factores sociales y económicos (causas indirectas). Esos factores actuaron sobre los individuos y sus organizaciones (cooperativas, ejidos), promoviendo valores comunitarios de conservación y otras acciones que se reflejaron de manera gradual sobre la conservación ecológica del área.

El modelo de producción orgánica y los procesos sociales vinculados, fueron el soporte para la construcción de un territorio funcional caracterizado por una nueva identidad de los productores orgánicos, vinculada a actitudes que impactan en la protección de la biodiversidad, agua y suelo. Los resultados de este cambio han sido evidentes en el mediano plazo; ejemplos de ello son la detención de los desmontes para la apertura de nuevas áreas de cultivo, la protección de fuentes de agua, la reducción o eliminación de prácticas de manejo agresivas que afectan componentes y procesos de los ecosistemas locales, y la amplia diseminación y adopción de ecotecnias para reducir el consumo de leña (figura 2). Pero, en especial, el modelo orgánico impactó en las instituciones locales comunitarias, como los ejidos y las cooperativas, quienes se apropiaron y dieron forma a nuevos valores comunitarios de conservación (cuadro 1).

CONCLUSIONES

El despliegue de iniciativas para conciliar el desarrollo local con la conservación requiere de nuevas capacidades locales, de organización, alternativas tecnológicas y, además, de inversión suficiente y seguimiento. Este estudio de caso mostró que estas iniciativas son posibles cuando se establecen estrategias adecuadas y se conjuntan esfuerzos. Este caso conduce a tres reflexiones principales. Primero, el modelo de producción orgánica impulsado en las comunidades del Bajo Balsas propició la adopción de buenas prácticas agrícolas, pero también impulsó una nueva visión local hacia el entorno natural, porque construyó y reafirmó en los campesinos valores comunitarios de conservación ecológica. Además, la organización intercomunitaria entre varios ejidos colindantes permitió que esta nueva visión se construyera y alimentara, dentro y entre comunidades vecinas, propiciando bucles de retroalimentación positivos. Segundo, si bien este modelo abrió la posibilidad de un cambio productivo y de visión local hacia la conservación, fue sin duda la organización de cooperativas y la articulación con los mercados lo que afianzó el modelo y sostuvo la continuidad de la experiencia. Lo anterior señala la fuerte relación entre la visión de conservación y buenas prácticas productivas, así como la dimensión económica; los flujos comerciales con mercados que alientan el modelo son determinantes para el sostenimiento de procesos sociales hacia la conservación.

FIGURA 2. Letrero diseñado y elaborado por la comunidad de El Capirito, en La Huacana, para explicar las acciones concurrentes con la producción orgánica realizadas para la reducción en la extracción de leña (proyecto financiado por COINBIO en 2013). Foto: Grupo Balsas, A.C.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Finalmente, este caso enseña que la conciliación entre conservación y desarrollo local, en áreas biodiversas y pauperizadas, puede ser alcanzada en la medida en que se fortalezcan y respeten a las instituciones locales campesinas. Además, debe alentarse la colaboración de diversas fuerzas sectoriales, como la academia, las organizaciones sociales, el gobierno, las agencias certificadoras y los mercados; esta alineación de esfuerzos y agendas es, al final, el gran reto.

REFERENCIAS

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO, México.

Burgos, A., H. Rendón y C. González. 2007. Investigación participativa para la producción de jamaica orgánica en el Bajo Balsas. En: *Memorias del III Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Michoacán, Morelia, pp. 341-344.

Burgos, A., G. Cuevas, T. Carlón *et al.* 2010. *Determinación de cambios de uso del suelo como base del ordenamiento territorial de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo*. GTZ/CONANP, México.

Burgos, A. 2011. Aplicación del enfoque de manejo adaptativo de los recursos hídricos (AWRM) a nivel local-comunitario en núcleos agrarios de cuencas rurales del trópico seco en Michoacán. En: *Memorias del II Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Universidad Autónoma de Querétaro/INE/SEMARNAT, México.

Burgos, A., R. Páez, E. Carmona y H. Rivas. 2013. A systems approach to modeling community-based environmental monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(12):10297-10316.

Burgos, A., M. Alvarado Bautista, R. Páez y R. Hernández Morales. 2017. Patrones espacio-temporales en la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud familiar en cuencas estacionales del Bajo Balsas (México). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33(2):199-213.

Charre-Medellín, J.F., T.C. Monterrubio-Rico y D. Guido-Lemus. 2014. Nuevo registro de jaguar (*Panthera onca*), en el centro occidente de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(4):1295-1299.

Checkland, P. y S. Holwell. 1998. Action research: its nature and validity. *Systemic Practice and Action Research* 11(1):9-21.

Kieffer, M. y A. Burgos. 2015. Productive identities and community conditions for rural tourism in Mexican tropical drylands. *Tourism Geographies* 17(4):561-585.

Maldonado-Aranda, S. 2012. Drogas, violencia y militarización en el México rural: el caso de Michoacán. *Revista Mexicana de Sociología* 74(1):5-39.

Núñez-Pérez, R., E. Corona-Corona, J. Torres-Villanueva *et al.* 2011. Nuevos registros del oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), en el Occidente de México. *Edentata* 1:58-62.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Decreto de Área Natural Protegida. Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, Michoacán. Publicado el 30 de noviembre de 2007 en el DOF. Texto vigente.

Trejo-Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas* 39:40-52.

Velázquez, A., E.M. Cue-Bär, A. Larrazábal *et al.* 2009. Building participatory landscape-based conservation alternatives: a case study of Michoacán, Mexico. *Applied Geography* 29(4):513-526.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conocimiento de la biodiversidad y difusión para la toma de decisiones: análisis del primer Estudio de Estado de Michoacán

KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO Y ANDREA CRUZ ANGÓN

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la biodiversidad y los principales factores que la amenazan constituye la base para establecer estrategias hacia su conservación y aprovechamiento sustentable, particularmente en países considerados megadiversos como México. El *Estudio de País* (CONABIO 1998) fue el primer documento que agrupó la información disponible sobre la biodiversidad alojada en el territorio nacional, eso en el marco del cumplimiento de compromisos adquiridos por México como país parte del Convenio sobre la Diversidad Biológica. A partir de 2002, la CONABIO estableció la iniciativa de Estrategias Estatales de Biodiversidad, con la finalidad de replicar los procesos de planeación nacional (*Estudio de País* y *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*) en el ámbito local. Morelos y Michoacán fueron las primeras entidades del país en sumarse a la iniciativa. Michoacán publicó su *Estudio de Estado* (EE) en 2005 y Morelos en 2006. Estos documentos fueron los primeros diagnósticos integrales sobre la diversidad biológica, tanto en esas entidades federativas como en el país. Para 2018, son 17 los estados que cuentan con ese diagnóstico básico útil para la toma de decisiones, y Michoacán es el primero que ha actualizado esa información a través de una nueva publicación iniciada ocho años después del primer estudio, en donde se dio una participación que duplicó tanto el número de autores como la cantidad de especies reportadas.

La bibliometría es una herramienta útil para entender el impacto de una publicación, y lo hace a partir de parámetros como, el número de veces en que es citada una obra y el tipo de publicaciones que la citan.

Se realizó una revisión de las publicaciones sobre biodiversidad en Michoacán en revistas arbitradas (De la Guerra Becerril 2015), tesis de biología y otras publicaciones de acceso libre en internet, del periodo de 1988 a 2013, y se encontró el número de citaciones del primer libro, *La biodiversidad en Michoacán: estudio de estado* (Villaseñor 2005).

En el periodo analizado se registraron 114 artículos sobre biodiversidad en la entidad, con un máximo de publicaciones en el año 2011 (20 artículos), de los cuales únicamente tres citan el EE (publicados en 2010 y 2012 en *Interciencia*, *Revista Fitotecnia Mexicana* y *Terra Latinoamericana*). El grupo biológico más estudiado fue el de las plantas (61 publicaciones), principalmente aquellas especies de importancia comercial como los aguacates (*Persea americana*), especies maderables o de ornato como los pinos (*Pinus* spp.) y los oyameles (*Abies* sp.). Los insectos siguen con seis publicaciones y después están los hongos, peces, aves y mamíferos, con cinco trabajos cada uno.

En total se encontraron 425 tesis digitales disponibles en el repositorio de la Facultad de Biología de la UMSNH, de éstas sólo 37 (8.7%) hacen referencia al EE (De la Guerra Becerril 2015). En cuanto a los documentos publicados en internet, de los 124 mil registros sólo 27 hicieron referencia al EE, aunque muchos de ellos eran publicaciones relacionadas directamente con el Estudio, como informes de México ante el CDB y la *Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de Michoacán*.

Los autores de los EE son referentes de divulgación importantes entre la comunidad estudiantil y para la formación de nuevos profesionales. De los 95 autores que participaron en el primer estudio de Michoacán, 10 fueron directores de tesis de biología, en donde se utilizó el EE como fuente bibliográfica de la información que se presenta (De la Guerra Becerril 2015).

En la actualización del EE participaron 275 autores, lo que muestra el creciente interés de la comunidad científica por generar y divulgar el conocimiento sobre la biodiversidad, su uso y los factores de presión que enfrentan los recursos naturales, no sólo en Michoacán sino en el resto de las entidades del país (figura 1).

Nájera-Cordero, K. y A. Cruz-Angón. 2019. Conocimiento de la biodiversidad y difusión para la toma de decisiones: análisis del primer Estudio de Estado de Michoacán. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 115-117.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

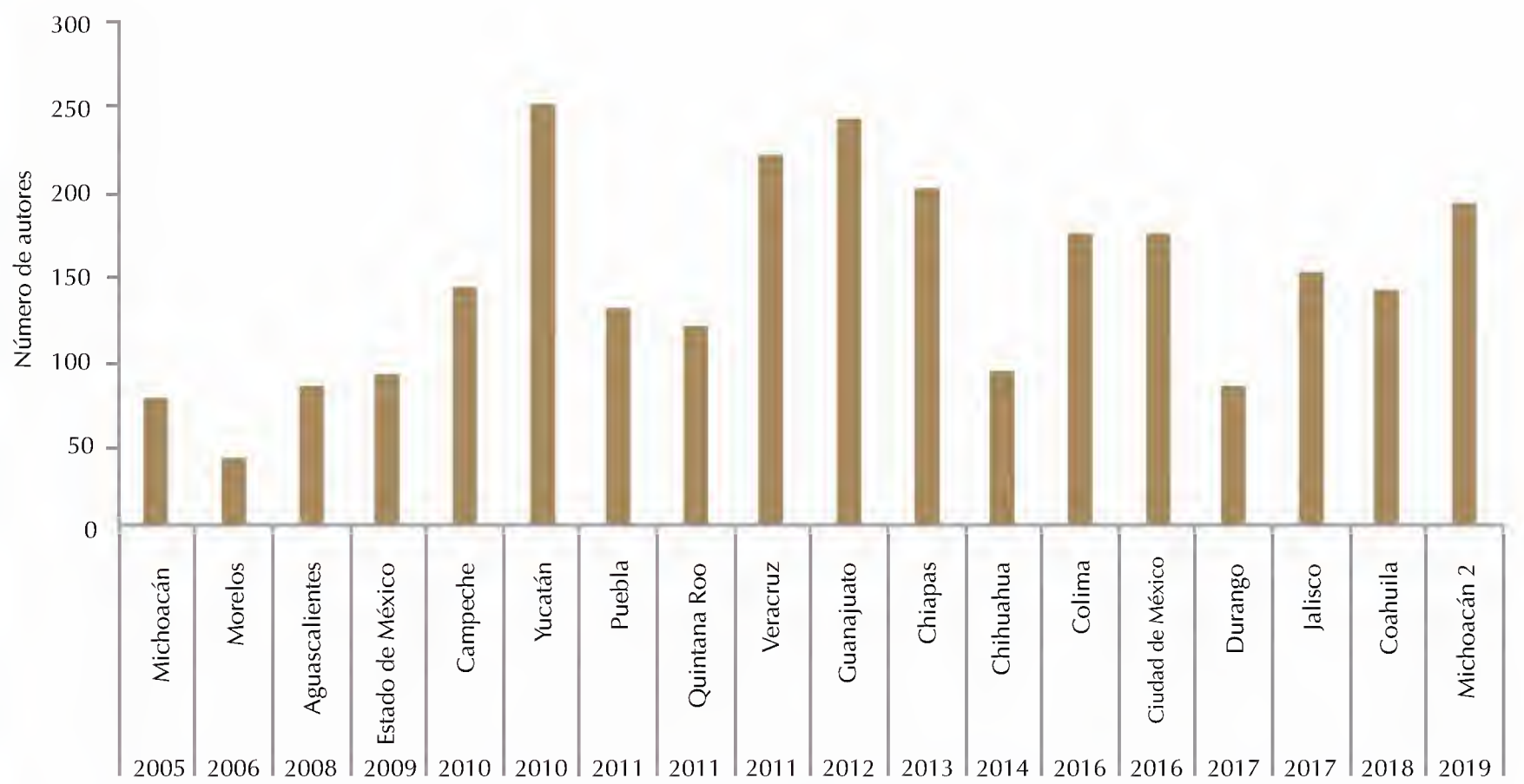


FIGURA 1. Tendencia de participación de autores en los estudios de estado publicados de 2005 a 2018. Fuente: elaboración propia.

DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO SOBRE BIODIVERSIDAD PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES Y TOMA DE DECISIONES

Los EE pretenden ser una fuente fundamental para la toma de decisiones informadas en materia de manejo del capital natural, haciendo accesible la información más actualizada sobre la situación de la biodiversidad alojada en un país o región (Secretaría CBD 2010). Por lo anterior, es importante que esté disponible para los académicos, instituciones de gobierno y la sociedad civil, quienes son los usuarios directos de los recursos naturales.

Es de suma importancia que haya un involucramiento del gobierno estatal en la difusión de los EE, generando estrategias que permitan que el conocimiento compilado sobre la biodiversidad de un estado esté accesible y sea de utilidad en los diferentes sectores. Se recomienda que a lo largo del proceso de elaboración de los EE se pongan en marcha diferentes acciones de difusión que permitan ampliar el conocimiento de esas iniciativas y aumentar la participación de los sectores directa o indirectamente relacionados con los recursos naturales (cuadro 1).

En específico para el primer EE de Michoacán, la baja citación en artículos y tesis probablemente fue resultado de que se trató del primer estudio de biodiversidad publicado en México, del cual no se realizó una difusión adecuada en diversos sectores de la entidad. Cabe resaltar que los dos mil ejemplares impresos se distribuyeron en institutos y en 19 facultades de la UMSNH.

El análisis aquí realizado sólo se basa en el uso del EE para la producción científica y en publicaciones en internet; sin embargo, se considera importante hacer una revisión del grado de utilización en otras herramientas de la política ambiental de relevancia para el manejo de los recursos naturales, como es el caso de los ordenamientos territoriales y las manifestaciones de impacto ambiental, ya que uno de los principales objetivos de los EE es que sean herramientas útiles para esa toma de decisiones.

Sin duda, la actualización del EE de 2005 es reflejo del creciente interés en la investigación de la biodiversidad estatal. Es claro que los desafíos que enfrenta uno de los estados con mayor biodiversidad del país requieren de un mejor esfuerzo para incrementar la difusión de esos documentos, favoreciendo su uso en los diferentes mecanismos para la toma de decisiones sobre el manejo del territorio y su biodiversidad. Finalmente, es importante diseñar e integrar un método de evaluación que lleve a conocer el grado en que los estudios de estado alcanzan sus objetivos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Difusión de los estudios de estado antes, durante y después de la elaboración.

Proceso de elaboración	Actividades
Previo	Promover la firma de convenio entre CONABIO y gobierno estatal Difundir los primeros talleres con los autores del estudio Crear una página en redes sociales para informar al público interesado sobre el proceso de elaboración
Durante	Publicar novedades en la elaboración del estudio, en redes sociales y página del Gobierno del Estado Implementar concursos que propicien la participación del público en general y de estudiantes de diferentes niveles educativos (concursos de fotografía, dibujo, etc.) Realizar material de difusión (trípticos, folletos, carteles) con información actualizada y que refleje el amplio conocimiento sobre biodiversidad en la entidad (número de especies, endemismos, principales amenazas, etc.) Elaborar foros de biodiversidad en donde los autores y coordinadores del estudio presenten sus capítulos
Posterior	Hacer amplia difusión de la presentación del libro, en medios de comunicación, instituciones gubernamentales y educativas Promocionar el libro en las páginas electrónicas del Gobierno del Estado y de CONABIO Difundir el material de difusión elaborado Traducir el Estudio de Estado a lenguas indígenas habladas en las entidades Participar en programas de radio y televisión, con los distintos autores del estudio

Fuente: elaboración propia con datos de Becerril de la Guerra 2015.

REFERENCIAS

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. CONABIO, México.

De la Guerra Becerril, S. 2015. *La biodiversidad en Michoacán: un análisis bibliométrico*. Reporte de servicio social por investigación. UAM, México.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2010. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 3. Secretaría CBD, Canadá.

Villaseñor G., L.E. 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM)

ALEJANDRO OCHOA FIGUEROA Y FRANCISCO JAVIER TORRES VILLANUEVA

INTRODUCCIÓN

Ante la problemática ambiental de pérdida de biodiversidad y cambio climático, una de las estrategias centrales con mayor impulso para la conservación ha sido el establecimiento de ANP (Challenger 1998, Velázquez *et al.* 2003, Velázquez y Larrazábal 2011, CONABIO 2016*a*).

Los distintos esfuerzos de conservación han sido catalogados como islas dentro de contextos territoriales modificados a causa de la expansión demográfica de la población humana o el equivalente de museos naturales con procesos ecológicos ausentes o aletargados, en mayor o menor grado (Challenger 1998, López 2016).

De acuerdo con Toledo *et al.* (2009), el paisaje es resultado de dos acciones: de las fuerzas de la naturaleza y de la acción de los seres humanos. En los últimos 100 años el desarrollo de las poblaciones humanas ha modificado el paisaje, generando destrucción y fragmentación de ecosistemas, sobreexplotación de los recursos, altas tasas de deforestación, erosión y pérdida de la diversidad biológica (Constanza 1991, Pinilla 2009).

En el pasado, las zonas destinadas a la agricultura eran despreciadas para la conservación de la biodiversidad, pero actualmente su importancia es evidente en el complejo mosaico de paisajes con diversos grados de manejo (Perfecto y Vandermeer 2008, Shedden y Rodríguez-Luna 2012).

Por otro lado, en México más de 50 mil comunidades campesinas se ocupan del manejo de alrededor de 85% de los terrenos productivos, es decir, 100 millones de hectáreas y entre siete mil y nueve mil comunidades manejan de 50 a 70% de los bosques remanentes en México (Bray 1995, Velázquez y Larrazábal 2011).

Los corredores biológicos han sido considerados esquemas que engloban la conservación y el manejo desde una visión transfronteriza, que articula e involucra los factores social y cultural, fundamentales para llevar a cabo la protección del medio ambiente y de la biodiversidad, ya que las comunidades y los ciudadanos deben ser los verdaderos protectores del patrimonio natural.

Mediante la implementación de un corredor biológico se promueven "modelos de gestión del territorio mediante la coordinación de políticas públicas, el fortalecimiento de la gobernanza local y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales para mejorar la calidad de vida de la población" (CONABIO 2014:86).

En este sentido, los corredores se pueden identificar bajo dos visiones (Alena 2006), una estricta que se limita a los que poseen valores ecológicos

Ochoa Figueroa, A. y F.J. Torres Villanueva. 2019. El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 119-125.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y que cumplen funciones de igual orden; y otra más amplia que da acogida a corredores o caminos con valores culturales y cuyas funciones, sin despreciar a las de carácter ambiental, se dirigen a dar acogida a actividades de tipo recreativo y turístico.

ANTECEDENTES

México se encuentra dividido en mesorregiones, que agrupan varias entidades federativas, con la finalidad de implementar proyectos de relevancia y efectos que trasciendan los límites de dos o más estados. Cada región posee condiciones para el desarrollo a partir de sus propias características, recursos e infraestructura (SIAP 2011). La región centro occidente está conformada por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. Esta región es la tercera más poblada del país, concentrando una quinta parte de la población (más de 23 millones de personas) y su ubicación la instituye en una región de enlace geográfico, productivo, social y cultural entre el norte, el sureste, el golfo y la cuenca del pacífico (FIDERCO 2018).

Diversos instrumentos de política y planeación en México (Gobierno Federal 2013, CONABIO 2016*b*) contemplan la instrumentación de corredores biológicos para promover la conectividad ecológica entre ANP, para fomentar el uso sustentable de los ecosistemas y sus servicios, y para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos.

En la región centro occidente de México se han establecido esquemas tradicionales de conservación del capital natural, a través del establecimiento de alrededor de 33 ANP federales (que abarcan cerca de 1 140 000 ha), más de 100 ANP de carácter estatal (que incluyen más de un millón de hectáreas) y 34 humedales designados como humedales de importancia internacional o sitios Ramsar (que abarcan poco más de un millón de hectáreas; CONANP 2018, RANP 2018), que aunque se trata de políticas públicas de conservación con éxito, han estado alejadas del objetivo de reducción de la pobreza y se han enfocado en la conservación de ecosistemas, sin entender su relación histórica con las comunidades humanas y quedando por encima de los valores culturales (Palma *et al.* 1999, SUMA 2005).

Con lo anterior, siendo sensibles de la problemática y situación regional, nace la propuesta del corredor biocultural, que ha tenido dos fases. La primera surge a partir de las reuniones generadas por la Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas (SANPEN), a través de la Dirección Regional de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que coincidió con los procesos de elaboración e implementación de las estrategias estatales de biodiversidad que impulsa la CONABIO. Así, se inició convocando a los gobiernos de los estados de la región, que reunidos el 29 de octubre de 2012 en el ANP estatal Cuenca de la Esperanza, en Guanajuato, firmaron el Acuerdo de colaboración interestatal para la conformación del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM), los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas, así como la CONANP.

En esta primera fase se constituyeron los mecanismos de colaboración entre las partes, mediante la creación del COBIOCOM (figura 1). Dicho convenio buscaba, principalmente, establecer y determinar un polígono que demarcara el COBIOCOM, incluyendo para su integración criterios biofísicos como ANP (estatales y federales), sitios Ramsar, áreas prioritarias para la conservación de las diferentes entidades del país, unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), ordenamientos ecológicos territoriales (OET), áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS), regiones terrestres prioritarias (RTP), regiones hidrológicas prioritarias (RHP), además de los aportes de investigadores de diversos grupos como aves, mamíferos, reptiles y peces. Otros criterios utilizados fueron la densidad poblacional, marginación, grupos étnicos, concentración *per capita* y migración.

FIGURA 1. Logo del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM). Fuente: COBIOCOM.

La integración de la poligonal del COBIOCOM (figura 2) dio lugar a la firma del segundo Acuerdo de colaboración para la creación del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México, realizada el 22 de junio de 2017 en la ciudad de Morelia, Michoacán, con el objeto de unir esfuerzos, capacidades y recursos para conservar y manejar sustentablemente las ANP, los ecosistemas prioritarios y la biodiversidad de la región.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

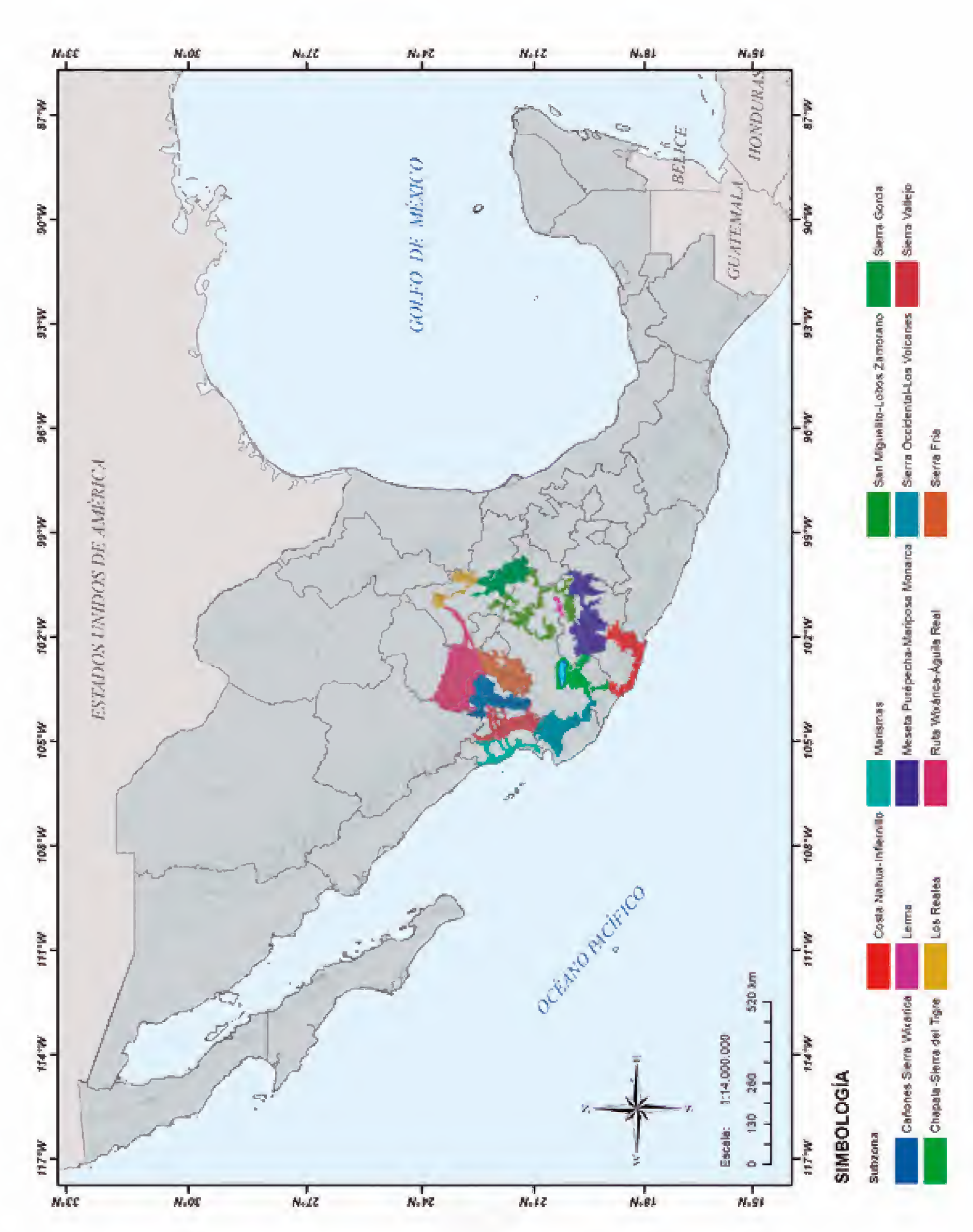


FIGURA 2. Zonas que integran el Corredor Biocultural del Centro Occidente de México. Fuente: elaboración propia con datos del COBIOCOM 2017.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El segundo acuerdo fue firmado por los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Michoacán y la CONANP, así como el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la asociación civil Reforestamos México, la Agencia de Cooperación Alemana de Desarrollo Sostenible (GIZ) y el Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático del Estado de México, como testigos de honor.

EL CORREDOR BIOCULTURAL EN MICHOACÁN

El COBIOCOM cuenta con una extensión de 13 233 023 ha. Está conformado por 13 subzonas, cubriendo parte de los siete estados firmantes. De la superficie del corredor, 22% le corresponde a Michoacán (cuadro 1).

CUADRO 1. Superficie de participación estatal en el COBIOCOM.

Estado	Superficie (ha)	%
Zacatecas	3 281 747.24	24.80
Michoacán	2 956 230.49	22.34
Jalisco	2 603 489.26	19.67
Nayarit	1 544 973.27	11.68
San Luis Potosí	1 356 160.27	10.25
Guanajuato	1 349 704.36	10.20
Aguascalientes	140 718.44	1.06
Total	**13 233 023.33**	**100.00**

Fuente: elaboración propia con datos del COBIOCOM 2017.

De las 13 subzonas que conforman el COBIOCOM, la de mayor extensión es la ruta Wixárica-Águila Real, con 2 130 271.81 ha (16.10%), seguida por la subzona Meseta Purépecha-Mariposa Monarca, con 1 731 237.99 ha (13.08%). En Michoacán se encuentran cinco subzonas: Lerma y Meseta Purépecha-Mariposa Monarca, compartidas con Guanajuato; Chapala-sierra del Tigre, compartida con Jalisco; San Miguelito-Lobos-Zamorano, compartida con Guanajuato, Jalisco y San Luis Potosí; y Costa Nahua-Infiernillo (cuadro 2).

Michoacán tiene grandes retos en su territorio. La ganadería extensiva, la actividad minera y la agricultura de roza, tumba y quema han fragmentado la selva baja caducifolia, dominante en la subzona Costa Nahua-Infiernillo. En la subzona Meseta Purépecha-Mariposa Monarca, los bosques templados enfrentan el cambio de uso del suelo por el crecimiento de la actividad frutícola, siendo urgente encontrar el balance entre productividad y medio ambiente.

En otras regiones que incluyen cuerpos de agua, como los lagos de Cuitzeo, de Pátzcuaro y de Chapala, el agua será el conector con las comunidades locales, trabajando en microcuencas para la recuperación de los mantos freáticos. El esfuerzo estatal y el compartido con otros estados abonarán a la recuperación de zonas degradadas e incrementar la conectividad entre ecosistemas.

RETOS CONJUNTOS Y LOCALES

Es importante señalar que en 2018 el COBIOCOM está en la segunda fase, en la que se trabaja para involucrar a otros sectores (gubernamentales en sus diferentes órde-

FIGURA 3. Mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en el santuario Senguio, en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Foto: Alejandro Ochoa Figueroa.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Subzonas del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México.

Subzonas	Estado	Superficie por estado (ha)	%	Superficie por subzona (ha)	% por subzona
Ruta Wixárica-Águila Real	San Luis Potosí	177 868.22	1.34	2 130 271.81	16.10
	Zacatecas	1 952 403.59	14.75		
Meseta Purépecha-Mariposa Monarca	Guanajuato	38 429.96	0.29	1 731 237.99	13.08
	Michoacán	1 692 808.03	12.79		
San Miguelito-Lobos-Zamorano	Guanajuato	940 572.58	7.11	1 290 085.01	9.75
	Jalisco	83 534.97	0.63		
	Michoacán	132 391.78	1.00		
	San Luis Potosí	133 585.68	1.01		
Sierra Fría	Aguascalientes	140 718.44	1.06	1 162 840.54	8.79
	Jalisco	29 118.25	0.22		
	Zacatecas	993 003.85	7.50		
Sierra Occidental-Los Volcanes	Jalisco	1 079 840.52	8.16	1 091 850.75	8.25
	Nayarit	12 010.23	0.09		
Cañones Sierra Wixárica	Jalisco	545 273.62	4.12	1 046 356.64	7.91
	Nayarit	164 743.22	1.24		
	Zacatecas	336 339.80	2.54		
Costa Nahua-Infiernillo	Michoacán	973 706.35	7.36	973 706.35	7.36
Sierra Vallejo	Jalisco	141 714.67	1.07	961 297.08	7.26
	Nayarit	819 582.41	6.19		
Chapala-Sierra del Tigre	Jalisco	724 007.23	5.47	878 611.21	6.64
	Michoacán	154 603.98	1.17		
Sierra Gorda	Guanajuato	288 506.66	2.18	873 012.44	6.60
	San Luis Potosí	584 505.78	4.42		
Marismas	Nayarit	548 637.41	4.15	548 637.41	4.15
Los Reales	San Luis Potosí	460 200.59	3.48	460 200.59	3.48
Lerma	Guanajuato	82 195.16	0.62	84 915.51	0.64
	Michoacán	2 720.35	0.02		
Total		**13 233 023.33**	**100.00**	**13 233 023.33**	**100.00**

Fuente: elaboración propia con datos del COBIOCOM 2017.

nes y a la sociedad civil organizada), así como en socializar e implementar acciones en las comunidades a través de una visión conjunta.

Las acciones a implementar deberán impulsar el desarrollo local y rescatar el conocimiento tradicional acerca del manejo de los recursos naturales, sin detrimento del medio ambiente. Para esto, es necesaria la alineación de los programas operativos de las dependencias del sector ambiental, de otros sectores con presencia en la zona y la constante gestión de apoyos ante instancias internacionales. De igual forma, la tarea del COBIOCOM a corto plazo será integrar una agenda en común con la finalidad de promover el desarrollo sustentable en los estados miembro, con la constante colaboración de las universidades y, por supuesto, de las comunidades (Arias-Gutiérrez *et al.* 2016).

El grupo técnico de evaluación y seguimiento del COBIOCOM, integrado por los estados miembro, propuso priorizar acciones enfocadas en especies como: el jaguar (*Panthera onca*) y su ruta a través de los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit; el águila real (*Aquila chrysaetos*) y sus zonas reproductivas en San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato y Jalisco; y la mariposa monarca (*Danaus plexippus;* figura 3) en su ruta

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Vista panorámica del ANP estatal Cerro Hueco y La Alberca, municipio de Tacámbaro, Michoacán. Foto: Banco de imágenes de la SEMACCDET.

migratoria y sitios de hibernación en el Estado de México y Michoacán. Además, se han priorizado ecosistemas y problemáticas compartidas, como el lago de Cuitzeo entre Michoacán y Guanajuato, y el de Chapala entre Jalisco y Michoacán (figura 4).

Asimismo, los representantes de los estados que conforman el COBIOCOM han manifestado la necesidad de incluir el concepto de corredor biológico dentro de sus legislaciones locales, para tener mayor certeza jurídica e involucrar a los diferentes sectores. Al respecto, en Michoacán se celebraron cinco foros de consulta, durante octubre de 2017, para la actualización de su ley ambiental, teniendo como sedes las ciudades de Morelia, Uruapan, Zamora, Zitácuaro y Lázaro Cárdenas.

Algunos de los resultados de la implementación del COBIOCOM han sido el intercambio de experiencias entre guardaparques de ANP, la realización del primer encuentro en materia de educación ambiental entre las autoridades ambientales estatales y el hermanamiento entre las ANP Cuenca de la Esperanza de Guanajuato y el Cerro Punhuato de Michoacán. También, surgió el interés de Colima por sumarse a la iniciativa, por lo que actualmente se trabaja en un *addendum* para su integración.

REFERENCIAS

Alena J., F.G. 2006. Corredores ecológicos y vías pecuarias. En: *Diccionario de Derecho Ambiental.* E. Alonso García y B. Lozano Cutanda (comps.). Iustel, Madrid.

Arias-Gutiérrez, R.I., J.P. Reyes-Puig, A. Tapia *et al.* 2016. Desarrollo local y conservación en la vertiente oriental andina: corredor ecológico Llanganates-Sangay-Valle del Anzu. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 5(1): 52-68.

Bray, D.B. 1995. Peasant organizations and the permanent reconstruction of nature: grassroots sustainable development in rural Mexico. *Journal of Environment and Development* 4(2):185-204.

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro.* CONABIO/Instituto de Biología-UNAM/Sierra Madre, México.

COBIOCOM. Corredor Biocultural del Centro Occidente de México. 2017. Sistema de Información Geográfica con datos de los estados participantes. COBIOCOM, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2014. *Quinto informe nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).* CONABIO, México.

——. 2016*a*. *Capital natural de México. Capacidades humanas e institucionales*, volumen IV. CONABIO, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 2016*b*. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y su Plan de Acción 2016-2030*. CONABIO, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2018. Sistema de Información Geográfica de las Áreas Naturales Protegidas (SIG). En: *<https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-de-las-areas-naturales-protegidas>*, última consulta: 24 de abril de 2018.

Constanza, R. 1991. The ecological economics of sustainability: investing. En: *Natural capital, environmentally sustainable economic development: building on Bruntland*. H. Goodland, S. Daly, C. Serafy y B. Droste (eds.). UNESCO, Nueva York, pp. 83-90.

FIDERCO. Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente. 2018. En: *<http://centroccidente.org.mx/fiderco.html>*, última consulta: 3 de mayo de 2018.

Gobierno Federal. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Gobierno de la República, México.

López, F.R. 2014. Conectividad y corredores ecológicos en la experiencia española. En: *Revista Aragonesa de Administración Pública* 16:33-61.

Palma, M., A. Velázquez, F.J. Romero y G. Bocco. 1999. Zonificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad: el caso de la región de montaña del sur de la cuenca de México. En: *Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la Cuenca de México*. A. Velázquez y F.J. Romero (comps.). UAM-Xochimilco/Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural-Secretaría de Medio Ambiente, México, pp. 287-301.

Perfecto, I. y J. Vandermeer. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134(1): 173-200.

Pinilla M., C.H. 2009. La importancia de la participación social en los procesos de conservación biológica. En: *Temas de Geografía Latinoamericana: Reunión CLAG 2005 Morelia*. P.S. Urquijo T. y N. Barrera-Bassols (coords.). UNAM, México, pp. 25-50.

RANP. Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas. 2018. En: *<http://www.anpsestatales.mx/>*, última consulta: 24 de abril de 2018.

Shedden, A. y E. Rodríguez-Luna. 2012. Conservación de la biodiversidad y los agroecosistemas: una alternativa para el uso sustentable de fragmentos de bosque tropical en Los Tuxtlas, Veracruz, México. En: *Casos exitosos en la construcción de sociedades sustentables*. E. Silva Rivera, M. del C. Vergara T. y E. Rodríguez-Luna (coords.). Universidad Veracruzana, Xalapa, pp. 171-184.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2011. Región Centro Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí. Vocación y Desarrollo. SAGARPA, México.

SUMA. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2005. Bases para la conformación del Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán. SUMA/Instituto de Geografía-UNAM, México.

Toledo, V.M., N. Barrera-Bassols, E. García-Frapolli y P. Alarcón C. 2009. Manejo y uso de la biodiversidad entre los mayas yucatecos: una revisión. En: *Temas de Geografía Latinoamericana: Reunión CLAG 2005 Morelia*. P.S. Urquijo T. y N. Barrera-Bassols (coords.). UNAM, México, pp. 25-50.

Velázquez, A., G. Bocco y F.J. Romero. 2003. A landscape perspective on biodiversity conservation: the case of Central Mexico. *Mountain Research and Development* 23(3):240-246.

Velázquez, A. y A. Larrazábal. 2011. Conservación participativa del paisaje. En: *Geografía y ambiente en América Latina*. G. Bocco, P.S. Urquijo y A. Vieyra (coords.). CIGA-UNAM/Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 195-216.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aprovechamiento 8

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo Aprovechamiento

KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO Y JORGE CRUZ MEDINA

Michoacán alberga una amplia riqueza de recursos naturales, su variedad fisiográfica y ambiental, así como su ubicación geográfica, favorecen la configuración de diferentes ecosistemas, desde bosques de coníferas y mesófilo de montaña hasta selvas, manglares y arrecifes, los cuales proveen diversos beneficios al ser humano. En esta sección se aborda el aprovechamiento del capital natural michoacano en dos grandes vertientes: extractivo y no extractivo, se describe con amplitud el gran valor que este capital representa para la sociedad y la importancia de su manejo adecuado.

Tal vez el aprovechamiento con más tradición en el estado sea el forestal, que cuenta con una amplia historia en las comunidades y abarca el uso de los recursos maderables y no maderables. Se presenta un estudio exhaustivo sobre los diferentes recursos forestales no maderables que se aprovechan en la entidad, tales como plantas medicinales, tierra de monte, hongos y orquídeas; se delinean sus amenazas y se proponen acciones para su conservación.

Dado que el consumo y la extracción de leña tienen un uso y manejo histórico en la entidad que ha traspasado la escala local para llegar a la regional y nacional, se hace una revisión de los estudios realizados y de cómo el uso de tecnología rural apropiada (manejo de leña y estufas eficientes) puede dar resultados positivos tanto para los ecosistemas como para las comunidades que aprovechan el recurso. Michoacán es un estado pionero en estudios aplicados acerca de la leña y otras formas de bioenergía, lo que ha servido como base de programas nacionales de asistencia social y planificación forestal, y muestra la necesidad de continuar investigando sobre la temática con miras a la conservación y el desarrollo local. En este sentido, es importante establecer mecanismos de evaluación sobre la extracción y manejo sostenible de los recursos naturales, ya que además de ser un bien ambiental son el sustento para muchas comunidades michoacanas, como Jesús del Monte y San Miguel del Monte en el municipio de Morelia.

Se menciona que en la entidad se registran 547 unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) y 86 predios e instalaciones que manejan vida silvestre (PIMVS), en las que se llevan a cabo actividades de conservación y aprovechamiento sostenible. La superficie bajo este esquema de aprovechamiento es de 494 826 ha y la tenencia de la tierra es de tipo ejidal, comunal, particular y federal. La mayoría de las UMA se encuentran en las regiones de Tierra Caliente y Costa, en donde predomina el bosque tropical subcaducifolio; las especies sujetas a manejo son 16, entre las que se pueden mencionar el venado (*Odocoileus virginianus*), el pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), la chachalaca (*Ortalis vetula*) y tres especies de mangle.

Asimismo, se reporta que debido a la amplia diversidad de agaves en la entidad se ha favorecido el aprovechamiento de especies cultivadas y

Nájera-Cordero, K. y J. Cruz-Medina. 2019. Resumen ejecutivo. Aprovechamiento. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 129-131.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

nativas para 14 usos distintos, entre los que se encuentran la producción de mezcal, pulque, aguamiel, uso ornamental y comestible. Se analizan los riesgos del aprovechamiento de las especies silvestres utilizadas para la producción de mezcal (*Agave angustifolia*, *A. cupreata*, *A. inaequidens* subsp. *inaequidens*) para determinar cómo se ha modificado su manejo de acuerdo con la abundancia o escasez en la zona, dadas sus características reproductivas, así como con los nuevos modelos productivos que recuperan técnicas tradicionales.

Se reporta que además del agave en la producción de mezcal se emplean otros recursos bióticos y abióticos. Se utilizan grandes cantidades de especies forestales para leña (p.e. *Quercus* spp., *Pinus* spp., *Alnus* spp., *Arbutus* spp.) y otras especies se usan para cubrir el horno o en la elaboración de utensilios necesarios para la producción (*Sabal pumus*, *Abies religiosa*, *Bursera* sp., *Fraxinus uhdei*, etc.). De esas especies no hay un registro formal a pesar de que son extraídas de poblaciones naturales, por lo que es importante y necesario el estudio y seguimiento del uso que se les da para apoyar en la conservación y aprovechamiento sostenible de todos los recursos involucrados en la industria de producción del mezcal.

En esta sección se presenta también un estudio sobre la organización social para el manejo y conservación de los recursos naturales, en consejos microregionales, grupos de monitoreo comunitario y comités del área rural de las microcuencas de Senguio y Tupátaro en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Aunque el conocimiento de la biodiversidad por parte de las comunidades es amplio, los estudios muestran que la participación social se limita a una pequeña parte de la población y que los jóvenes y mujeres no son considerados en la toma de decisiones y en las actividades relacionadas con el aprovechamiento, la restauración y la conservación de los recursos naturales.

En lo referente al aprovechamiento no extractivo se desarrolla una valiosa descripción sobre la oferta de servicios ecosistémicos presentes en el estado, analizándose beneficios como la provisión de alimentos y de agua dulce, la polinización, el control biológico de plagas, la regulación de impactos ante eventos meteorológicos extremos y la recreación en espacios abiertos, entre otros. Asimismo, se destaca la necesidad de generar el reconocimiento y valoración de estos servicios por parte de los distintos sectores de la sociedad, además de incorporarlos explícitamente en el diseño de políticas públicas para asegurar su adecuado mantenimiento.

En esta sección se incluyen estimaciones de la capacidad de diferentes tipos de vegetación para almacenar carbono en el suelo. De los resultados obtenidos destacan los bosques mixtos y de encinos de la meseta Purépecha, por su alto potencial de almacenamiento. Se señala, además, que los bosques michoacanos representan depósitos importantes de carbono a nivel nacional; no obstante, presentan el riesgo de perderse debido a la deforestación, dando como consecuencia la reducción y deterioro de los servicios ecosistémicos.

Se incluye también una evaluación de costos y beneficios económicos del ecoturismo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, área natural protegida (ANP) ubicada en la región limítrofe entre Michoacán y el Estado de México. El estudio refleja que el potencial turístico de la reserva es subutilizado y que los beneficios económicos que genera esta actividad no permiten contrarrestar de manera significativa afectaciones como la presión sobre sus recursos forestales; se proponen medidas para favorecer el aprovechamiento sostenible del ANP, siendo el punto de partida la diversificación y profesionalización de servicios que resulten de un estudio extenso para identificar características generales y preferencias de distintos segmentos de turistas.

Asimismo, un análisis desarrollado para aprovechar el potencial turístico del estado se presenta de manera detallada en este apartado. Mediante un estudio se evaluó la compatibilidad de actividades de ecoturismo y turismo de aventura con la heterogeneidad paisajística de la región costera al sur de la entidad, identificándose el montañismo y el ciclismo de montaña como actividades altamente compatibles y con mayor superficie potencial de aprovechamiento. Los aportes de esta investigación pueden complementar estudios de planificación y desarrollo de la Costa que busquen conservar su biodiversidad y generar beneficios económicos para la población local.

Más de la mitad del territorio mexicano y sus recursos se encuentran a cargo de ejidos y comunidades indígenas, por lo que éstos son actores clave para la valoración y conservación de la biodiversidad. Dentro de esta sección se incluye una síntesis de nueve casos ejemplares sobre experiencias de manejo por parte de comunidades indígenas y ejidos de Michoacán, relevantes por su éxito en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, nivel de organización, grado de equidad social, ordenamiento y planeación territorial, entre otros.

En el mismo sentido, se incluye una breve descripción sobre las formas de uso y manejo de los recursos naturales por parte de cinco comunidades indígenas de la región nahua del estado (municipios de Aquila, Coahuayana y Lázaro Cárdenas). Cabe señalar que, en los últimos años, en esta zona inciden diferentes intereses económicos, como la industria minera, el saqueo de maderas preciosas y la presencia del crimen organizado, lo que amenaza con trastocar la dinámica local en el aprovechamiento de la biodiversidad.

Michoacán es el mayor productor de aguacate de México y del mundo, no obstante, la reciente expan-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sión de su cultivo en la entidad y la forma en que se desarrolla (principalmente huertas de monocultivo), ha generado preocupación por la pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos. Una evaluación sobre esta situación permitió identificar que un diseño estructural abierto y luminoso de las huertas, así como una menor frecuencia de podas de plantas bajo dosel, favorecen la diversidad de herbáceas y visitantes florales, lo que a su vez mejora la calidad del suelo y reduce su erosión, además de aumentar la polinización.

La sección continúa con información particular sobre dos especies de achoques (ajolotes) endémicos para Michoacán y que han sido aprovechados con fines alimenticios y terapéuticos desde tiempos prehispánicos: *Ambystoma andersoni* y *A. dumerilii*. Debido a la degradación de sus hábitats, la reducción significativa de sus poblaciones y el estatus de amenaza que presentan a nivel nacional e internacional, se proponen diversas acciones para su conservación y aprovechamiento, entre las que destaca su cultivo *ex situ* como una estrategia viable para recuperar y conservar estos anfibios.

Finalmente, el apartado concluye con un estudio de caso sobre el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), especie de particular valor cinegético y objeto de aprovechamiento en UMA, con enfoque no extractivo, en la entidad. El estudio analiza la diversidad genética de *O. virginianus* en Michoacán con la finalidad de sugerir acciones para su adecuado manejo. Los resultados indican diferencias poblacionales de acuerdo con las cinco provincias fisiográficas del estado (lo cual es consistente con la biología de la especie), por lo que se recomienda evitar manejos que propicien el apareamiento entre estas poblaciones para favorecer la conservación de los linajes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aprovechamiento extractivo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Recursos forestales no maderables

MARLENE GÓMEZ PERALTA, MARÍA ALMA CHÁVEZ CARBAJAL, IRENE AVILA DÍAZ Y MARÍA DEL PILAR ANGÓN TORRES

INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales no maderables (RFNM) son recursos silvestres de flora, fauna, hongos y materiales minerales o edafológicos, que mediante la extracción o recolección se ponen a disposición, como productos utilizables, de habitantes tanto de zonas rurales como urbanas. Se habla de recolección cuando sólo se utilizan partes del recurso, de tal forma que no afecte su permanencia a largo plazo, mientras que cuando se sustrae de manera parcial o total, afectando su permanencia, se habla de extracción (Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004).

Se distinguen siete categorías: resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, tierra de monte y otros productos (como frutos, hongos, semillas, plantas medicinales y plantas ornamentales). En 2003, el valor total nacional de éstos fue de 498 098 712 pesos. Las entidades con mayor valor de producción no maderable fueron Veracruz (52.23%), Michoacán (24.09%), Tamaulipas (3.57%), Coahuila (3.29%) y Baja California (2.25%; Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa 2008).

En el periodo de 2008 a 2013, de acuerdo con los Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal (SEMARNAT 2010, 2011*a-c*, 2013, 2014), Michoacán destaca por el valor de la producción no maderable del país (resina, tierra de monte, hongos, semillas, hojas, nopal, tallos, frutos, musgo y heno), como se puede apreciar en el cuadro 1.

Los RFNM se encuentran regulados por las normas oficiales mexicanas (cuadro 2). En la presente contribución se abordarán, por su importancia cultural, social, económica y ecológica, los siguientes RFNM: plantas medicinales, orquídeas, hongos y tierra de monte.

PLANTAS MEDICINALES

En esta categoría se incluyen diversos organismos, como son algas, briofitas, pteridofitas, gimnospermas y angiospermas o plantas con flor, incluyendo sus derivados: raíces, rizomas, tubérculos, tallos, cortezas, exudados resinosos, látex, hojas, pencas, flores, frutos y semillas.

En México, se estima que existen cerca de 30 mil especies de plantas (Bye *et al.* 1991), de las cuales en 1997 el Instituto Nacional Indigenista documentó tres mil con usos medicinales, es decir, 10% del total de la riqueza florística del país.

Con base en exploraciones de campo, revisión de la base de datos del herbario EBUM (Herbario de la Facultad de Biología-UMSNH), publicaciones

Gómez-Peralta, M., M.A. Chávez C., I. Avila-Díaz y M.P. Angón-Torres. 2019. Recursos forestales no maderables. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 135-150.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Porcentaje de participación en la producción por estado, con respecto al total de producción de RFNM para el periodo 2008-2013, así como el valor total de la producción para el valor referido, a pesos corrientes.

Año	Michoacán	Tamaulipas	Chihuahua	Coahuila	Estado de México	Baja California	Veracruz	Jalisco	Valor total anual de la producción (en pesos)
2008	38.1	19.8	5.9		5.0	4.4			292 790 327
2009	41.2	9.4	8.2	7.3			6.8		464 384 774
2010	27.8	6.1	10.6	13.0				14.5	431 338 667
2011	35.0	13.3	5.2	7.5			10.6		481 797 674
2012	19.2	9.6		5.9	11.5			32.9	817 286 163
2013	35.0	13.4	4.8	9.2	5.1				505 775 794

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT 2010*a*, 2011*a-c*; 2013, 2014.

CUADRO 2. Los RFNM y la norma oficial mexicana que los regula.

Norma Oficial Mexicana	RFNM regulado
NOM-008-SEMARNAT-1996	Cogollos
NOM-009-SEMARNAT-1996	Látex y otros exudados
NOM-010-SEMARNAT-1996	Hongos
NOM-011-SEMARNAT-1996	Musgo, heno y doradilla
NOM-027-SEMARNAT-1996	Tierra de monte
NOM-028-SEMARNAT-1996	Raíces y rizomas
NOM-005-SEMARNAT-1997	Corteza, tallos y plantas completas
NOM-006-SEMARNAT-1997	Hojas de palma
NOM-007-SEMARNAT-1997	Ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas
NOM-018-SEMARNAT-1999	Candelilla

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT 1996*a-f*, 1997*a-c*, 1999.

y trabajos de tesis, se registran para Michoacán cerca de mil especies de plantas medicinales (Martínez-Márquez 1986, Prado-Rentería 1988, Reyes-García 1989, Ruiz-Méndez 1989, Delgado-Lemus 2003, Alarcón-Cháires 2005, Chávez 2006, Rojas-Cortés 2006, Santillán-Belmont 2006, García-Ruiz y Linares 2009, Molina-Paniagua y Zamudio 2010, Rodríguez-López 2012, Santos-Ortuño 2012, Chávez y Sánchez 2014).

Estado de conservación

Del total de especies reportadas, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 11 están consideradas en riesgo (cuadro 3), como el colorín (figura 1), cuyo látex se emplea en picaduras de alacrán, para tratar mezquinos y mordedura de víbora; la tilia es utilizada para calmar los nervios, en la falta de sueño, neuralgias, regula la presión arterial y es útil en el tratamiento de cólicos menstruales; así como el laurel, que se utiliza también para cólicos menstruales, frialdad de la matriz, baños postparto y de temazcal, mal de aire y dolor de estómago, además se usa como condimento y en ofrendas religiosas.

Amenazas para su conservación

Los recursos herbolarios se encuentran amenazados por la deforestación, la erosión, la contaminación y la recolección excesiva. En Michoacán las plantas medicinales se extraen sin control, en especial las silvestres arbustivas y arborescentes, como la tilia (*Tilia americana* var. *mexicana*), el cuachalalate (*Amphiptherygium adstringens*), la pingüica (*Arctostaphylos pungens*), la cancerina (*Hippocratea excelsa*), la quina (*Cinchona officinalis*), los encinos (*Quercus* spp.), los copales (*Bursera* spp.), la raíz de la uva silvestre (*Vitis* sp.; figura 2), entre otras (cuadro 4).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Especies medicinales sujetas a protección ambiental de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Parte utilizada	Categoría de riesgo
Ebenales	Sapotaceae	*Sideroxylon capiri*	Capire, capiri	H	A
Fabales	Fabaceae	*Erythrina coralloides*	Colorín	La	A
Laurales	Lauraceae	*Litsea glaucescens*	Laurel	H	P
Magnoliales	Magnoliaceae	*Magnolia dealbata*	Flor de magnolia	Fl	P
		Magnolia mexicana	Flor de magnolia	Fl	A
Malpighiales	Chrysobalanaceae	*Licania arborea*	Cacahuananche	H	A
Malvales	Sterculiaceae	*Chiranthodendron pentadactylon*	Flor de manita	Fl	A
	Tiliaceae	*Tilia americana* var. *mexicana*	Tilia, sirimo	Fl	P
Pinales	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro	Fr, Ra	Pr
Sapindales	Zygophyllaceae	*Guaiacum coulteri*	Flor de guayacán	Fl	A
		Guaiacum sanctum	Guayacán	Fl, C	A

A: amenazada, P: en peligro de extinción, Pr: sujeta a protección especial, H: hojas, Ra: ramas, Fl: flor, Fr: fruto, C: corteza, La: látex.
Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT 2010*b*, Chávez 2013.

FIGURA 1. Flor de *Erythrina coralloides* (colorín), especie con usos medicinales y en la categoría de amenazada. Foto: Ma. Alma Chávez C.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Raíz de uva silvestre (*Vitis* sp.). Foto: Ma. Alma Chávez C.

Para las herbáceas se registra la misma problemática, especialmente para especies como la hierba del cáncer (*Acalypha phleoides*), que en algunos casos se cultiva en huertos medicinales o en los centros de medicina tradicional (Chávez 2006). Otra especie que puede estar en riesgo por su desmedida extracción y características específicas para su reproducción es el nurite o té de monte (*Satureja macrostema*), además del árnica (*Heterotheca inuloides*), especie que se extrae en grandes cantidades en Michoacán (figuras 3 y 4), ya que tiene una gran demanda en el ámbito nacional e internacional (cuadro 5).

Acciones de conservación

La protección de las especies medicinales requiere de mecanismos eficientes; se necesita un enfoque multidisciplinario de cadena productiva y de preservación de los recursos medicinales, en donde colaboren los conocedores del saber tradicional y los científicos.

CUADRO 4. Árboles y arbustos silvestres medicinales de extracción intensiva.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Usos	Parte utilizada
Celastrales	Celastraceae	*Hippocratea excelsa*	Cancerina	Várices, cáncer y úlceras	C
Ericales	Ericaceae	*Arctostaphylos pungens*	Pingüica	Riñón, retención de orina	H, Fr
	Pentaphylacaceae	*Ternstroemia lineata*	Flor de tila	Insomnio, nervios	Fl
Fabales	Fabaceae	*Haematoxylum brasiletto*	Palo Brasil o de tinta	Circulación, corazón y riñones	T
		Mimosa tenuiflora	Tepezcohuite	Quemaduras, infecciones en la piel	C
		Eysenhardtia polystachya	Palo dulce	Riñón, mal de orín, cálculos renales	T
Fagales	Fagaceae	*Quercus* spp.	Encino rojo	Dentadura floja, aprieta tejidos	C
Gentianales	Rubiaceae	*Cinchona officinalis*	Quina, cáscara	Fiebre, bilis y paludismo	C
Lamiales	Bignoniaceae	*Crescentia alata*	Cirián	Bronquitis, asma	Fr
		Tecoma stans	Tronadora, retama	Diabetes, gastritis, úlceras, bilis	T, H, Fl
Malvales	Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	Guázima, cahulote	Riñón, mal de orín, cálculos renales	C, H, Ra
		Tilia americana var. *mexicana*	Tilia, sirimo	Nervios, falta de sueño	Fl
Sapindales	Anacardiaceae	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	Várices, úlceras, gastritis	C
	Rutaceae	*Casimiroa edulis*	Zapote blanco	Presión baja, vómito y relajante	H
Vitales	Vitaceae	*Vitis* spp.	Uva de campo	Circulación, próstata	R, H

C: corteza, H: hoja, Ra: rama, Fl: flor, Fr: fruto, T: tallo, R: raíz.
Fuente: elaboración propia con base en Chávez 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Árnica (*Heterotheca inuloides*), especie medicinal con extracción excesiva. Foto: Ma. Alma Chávez C.

FIGURA 4. Venta de plantas medicinales en el tianguis de Paracho. De izquierda a derecha: anís, árnica, Santa María y anís. Foto: Ma. Alma Chávez C.

CUADRO 5. Herbáceas silvestres medicinales de extracción intensiva.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Usos	Parte utilizada
Apiales	Apiaceae	*Eryngium heterophyllum*	Hierba del sapo	Diabetes, colesterol	H, T, Fl
Asparagales	Asparagaceae	*Milla biflora*	Flor de San Juan, flor de mayo	Nervios	
Asterales	Asteraceae	*Gnaphalium* spp.	Gordolobo	Problemas respiratorios	H, T, Fl
		Heterotheca inuloides	Árnica	Golpes, reumas	H, T, Fl
		Tagetes lucida	Santa María	Cólico, después del parto	H, T, Fl
		Tagetes micrantha	Anís, anisillo	Problemas digestivos	H, T, Fl
Dipsacales	Valerianaceae	*Valeriana* spp.	Valeriana, hierba del gato	Nervios, relajante	H, T, Fl
Equisetales	Equisetaceae	*Equisetum arvense*	Cola de caballo	Problemas de riñón y diabetes	T
Lamiales	Lamiaceae	*Satureja macrostema*	Nurite, té de monte, Hierba del borracho	Cólicos, frío en la matriz	H, T, Fl
Malpighiales	Euphorbiaceae	*Acalypha phleoides*	Hierba del cáncer	Quistes, cáncer	H, T, Fl
Rosales	Urticaceae	*Urtica dioica*	Ortiga	Reumas, calambres	H, T, Fl
Selaginellales	Selaginellaceae	*Selaginella lepidophylla*	Doradilla, flor de piedra	Riñón, cálculos	T/Pl

H: hoja, T: tallo, Fl: flor, T/Pl: toda la planta.
Fuente: elaboración propia con base en Chávez 2010.

Es necesaria la intervención del sector salud, tanto en la regulación sanitaria como en el manejo y uso de estos recursos en mercados y establecimientos que expenden las plantas y sus derivados.

ORQUÍDEAS

Es un grupo muy diverso de plantas pertenecientes a la familia Orchidaceae, que se distinguen por la complejidad de sus flores y por sus interacciones ecológicas con los agentes polinizadores y con los hongos con los que forman micorrizas.

En el mundo hay alrededor de 25 mil especies y en México se conocen más de 1 200, principalmente distribuidas en el sureste del país (Hágsater *et al.* 2005). En Michoacán se tienen registradas alrededor de 200 especies, muchas como endémicas de México (Ávila-Díaz 2013) y una especie, *Clowesia glaucoglossa*, endémica de Michoacán, ya que sólo es conocida en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

una localidad de este estado (Soto-Arenas y Solano-Gómez 2007).

Usos

Las orquídeas tienen gran importancia en el uso ornamental o ceremonial. Algunas especies son elementos importantes en ceremonias religiosas, como la Fiesta de *Corpus Christi,* en la cañada de los Once Pueblos (figuras 5a-c), en la Fiesta del Pino y la Flor, en Penjamillo; en la Fiesta de Cristo Rey, en Patamban (figuras 5d-e). Otras son valoradas por la belleza y duración de sus flores (figura 6) y además en el Día de Muertos las flores de *Laelia autumnalis* y de *Oncidium tigrinum* adornan tumbas y altares (figura 7).

Algunas especies se utilizan con fines medicinales, como *Prosthechea citrina*, usada para curar heridas infectadas (los seudobulbos se preparan en cataplasmas; Ávila-Díaz obs. pers.), para problemas estomacales y respiratorios (las flores en infusión), para la epilepsia (flores en tintura con alcohol y azahares; Chávez 2010) y *Laelia autumnalis*, para ayudar a aliviar la tos (las flores en infusión; Hágsater *et al.* 2005, Ávila-Díaz 2013).

Otro uso de las orquídeas es la extracción de mucílagos utilizados como aglutinantes para la fabricación de dulces de alfeñiques, como las calaveras que son parte de la ofrenda del día de muertos o para elaborar las figuras de pasta de caña (técnica prehispánica que aún se conserva; Miranda 1997).

FIGURA 5. a-c) Flores de *Laelia speciosa* utilizadas en ceremonias religiosas en el día de *Corpus Christi*, d) *L. autumnalis* en tapetes florales en Patamban, e) detalle de *Laelia autumnalis*. Fotos: Camacho-Domínguez (a-c), Ávila-Díaz (d-e).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 6. Uso ornamental de algunas orquídeas: a) *Prosthechea citrina*, muy valorada por el color llamativo y el olor de sus flores, fotografía tomada en el festival gastronómico del Domingo de Ramos en Uruapan, b) *Laelia autumnalis* var. *alba*, una variedad poco común y muy valorada como ornamental en colecciones particulares. Fotos: Camacho-Domínguez (a), Ávila-Díaz (b).

FIGURA 7. Flores usadas en Día de Muertos: a) *L. autumnalis* en altares, ribera del lago de Pátzcuaro, b) detalle de *L. autumnalis*. Fotos: Maya-Espinoza.

Amenazas para su conservación

Trece especies michoacanas han sido incluidas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (cuadro 6). Dentro de los principales factores de riesgo están la alteración y destrucción del hábitat. Michoacán es el estado en el que se registran las tasas más altas de pérdida de bosques, con más de 50 mil hectáreas por año (Masera 1998). Otro factor es la extracción de una gran cantidad de segmentos de plantas o individuos completos de las poblaciones silvestres, lo cual tiene un impacto negativo en la permanencia a largo plazo de las poblaciones, como ha sido estudiado para *Laelia speciosa* (Hernández 1992, Pérez-Pérez 2003).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Orquídeas registradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Distribución	Observaciones
Barkeria scandens	Pr	Endémica de México (Guerrero, Michoacán, Oaxaca)	Muy probablemente se extinguirá en Michoacán si no se toman las medidas adecuadas para evitar la extracción intensa de individuos de sus poblaciones silvestres[1]
B. shoemakeri	Pr	Endémica de México (Michoacán, Oaxaca)	Distribución muy restringida en Michoacán[1]
B. strophinx	A	Endémica de México (Estado de México, Michoacán)	En Michoacán probablemente extinta, por la transformación y destrucción de su hábitat.[1] No es fácil mantener en cultivo[2]
Clowesia glaucoglossa	Pr	Endémica de México (Michoacán)	Sólo conocida en una localidad en Michoacán, los factores de riesgo son su distribución restringida, especialización de hábitat y especificidad respecto a su polinizador y forofito. No es fácil mantener en cultivo[1]
C. rosea	A	Endémica de México (Guerrero, Michoacán, Oaxaca)	Distribución restringida y amenazada por la transformación de su hábitat. De difícil cultivo
Cuitlauzina pendula	A	Endémica de México (Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa)	En Michoacán, los principales factores de riesgo son el cambio de uso del suelo, por la gran expansión de huertas de aguacate y la colecta sistemática de individuos en sus poblaciones, lo que probablemente ha ocasionado la ausencia de reclutamiento en algunas poblaciones[1,3]
Cypripedium irapeanum	A	No endémica	Sujeta a colecta frecuente por sus flores llamativas. De cultivo muy difícil. Aparentemente colonizadora de zonas abiertas y etapas iniciales de la sucesión[1]
Encyclia adenocaula	A	Endémica de México (Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca)	En Michoacán gran parte de su hábitat ha sido destruido por el cambio del uso del suelo. Otros sitios son objeto de incendios frecuentes y tala inmoderada. Otro factor de riesgo importante es la colecta indiscriminada[1]
E. pollardiana	Pr	Endémica de México (Jalisco, Michoacán)	Distribución restringida, se recomienda su reproducción masiva, para acabar con la presión de colecta[2]
Laelia speciosa	Pr	Endémica de México (Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas)	Se considera la orquídea con mayor importancia cultural en México. El principal factor de riesgo es la recolección inmoderada de plantas para su venta ilegal, en años recientes se ha observado la remoción de plantas completas[1,2]
Oncidium tigrinum	A	Endémica de México (Estado de México, Jalisco, Michoacán)	En Michoacán, los principales factores de riesgo son el cambio de uso del suelo y la colecta excesiva de individuos en sus poblaciones[1]

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Continuación.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Distribución	Observaciones
Prosthechea citrina	Pr	Endémica de México (Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Hidalgo)	Especies semejantes han sido agrupadas en un mismo complejo, en el cual se incluye a *P. karwinskii*. Ambas especies son comercializadas ilegalmente en Michoacán, registrándose como el principal factor de riesgo, así como la destrucción de su hábitat[2]
Rhynchostele cervantesii	A	Endémica de México (Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca)	El mayor riesgo para esta especie es la transformación y alteración de su hábitat. En Michoacán, los principales factores de riesgo son el cambio de uso del suelo, por la gran expansión de huertas de aguacate y la colecta sistemática de individuos en sus poblaciones, lo que probablemente ha ocasionado la ausencia de reclutamiento en algunas poblaciones[1]

Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial.
[1]Soto-Arenas y Solano-Gómez 2007, [2]Ávila-Díaz 2013, [3]Pérez-Decelis 2013.
Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010*b*, registros de ejemplares de herbario provenientes de Michoacán, del Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología, A.C. y del Herbario del Instituto de Ecología, A.C.

Muchas especies no incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 han sido afectadas e incluso se ha observado la extinción local de algunas de sus poblaciones, como es el caso de *Laelia autumnalis*, *Oncidium reichenheimii* y *O. hastatum*, entre otras con interés ornamental o cultural (Ávila-Díaz 2013). En el cuadro 7 se muestra un listado de especies que se comercializan en el mercado Independencia de la ciudad de Morelia. Esta primera aproximación fue realizada por Moreno-Raya (Comunicación personal), con observaciones durante un año, así como con base en reportes de Ávila-Díaz, en colaboración con estudiantes de la UMSNH; los padres de familia son quienes por lo general realizan la recolección de plantas, mientras que las madres e hijos realizan la comercialización (Moreno-Raya, comunicación personal).

Otras especies con distribución restringida se consideran también susceptibles, como es el caso de *Clowesia glaucoglossa*, sólo conocida en Michoacán; *B. shoemakeri*, *B. strophinx* y *Encyclia pollardiana*, reportadas solamente en dos estados del país.

Acciones de conservación

Las orquídeas michoacanas representan un recurso natural potencial importante y se encuentran en grave riesgo. Además de la relevancia cultural de este grupo, son de vital importancia por su papel en el ciclo de los nutrientes, en la captación y suministro del agua en los bosques y por sus interacciones con insectos, hongos y hormigas, entre otros organismos (Benzing 1995, Hágsater *et al.* 2005). En ese contexto, es urgente llevar a cabo acciones que aseguren su manejo sustentable y conservación *in situ*, ya que es la única manera de que sus poblaciones permanezcan a largo plazo y así resguardar su potencial evolutivo. También deben realizarse acciones que promuevan su conservación *ex situ*, como fomentar el cultivo tradicional y la propagación a gran escala de plantas de calidad para su comercialización.

Para lograr un manejo sustentable de las orquídeas michoacanas es necesaria la vinculación entre instituciones académicas, dependencias públicas federales y estatales, organizaciones civiles y comunidades indígenas y campesinas, para realizar acciones con esfuerzos conjuntos.

HONGOS

En el país, la recolección de los hongos en 1999 fue de 112 t, destacan el Estado de México, Veracruz, Michoacán, Oaxaca y Puebla. Entre las especies más importantes se pueden mencionar *Amanita caesarea*, *Cantharellus cibarius*, *Boletus edulis* y *Tricholoma magnivelare*; estas últimas son llamadas respectivamente *porcini* y *matsutake*, en el mercado internacional; y hongo de pan y hongo blanco, en el mercado nacional. México ocupa el lugar 40 en la exportación de hongos silvestres, principalmente los exporta a Japón. El más impor-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 7. Orquídeas comercializadas en el mercado Independencia de Morelia.

Nombre común	Especies	Categoría de riesgo	Distribución	Temporada de extracción	Cantidad de individuos extraídos anualmente
Orquídea	*Barkeria scandens*	Pr	Endémica	Septiembre a noviembre	>1000
Calaverita[1]	*B. uniflora*		Endémica	Octubre a enero	ND
Naranjitas	*Bletia coccinea*		Endémica	Julio a agosto	10
Chorrito, pozolillo	*Cuitlauzina pendula*	A	Endémica	Abril a junio	>1000
Trompillo, trompillo morado	*Encyclia adenocaula* subsp. *adenocaula*	A	Endémica	Abril a junio	>1000
Pavo real	*E. pollardiana*	Pr	Endémica	Abril a junio	30 (sólo un año)
	Epidendrum anisatum		Endémica	Febrero a abril	ND
	E. ciliare		No endémica	Septiembre a enero	ND
Enchiladita	*Guarianthe aurantiaca*		No endémica	Agosto a abril	30
Orquídea	*Isochilus bracteatus*		Endémica		ND
Flor de muertos, flor de las ánimas, flor de calavera	*Laelia autumnalis*		Endémica	Septiembre a noviembre	>100
Flor de mayo, flor de corpus	*L. speciosa*	Pr	Endémica	Abril a julio	>1000
Negritas	*Maxillaria lexarzana*		Endémica	Junio a noviembre	50
	M. variabilis		No endémica	Abril a septiembre	ND
Pavo real	*Oncidium hastatum*		Endémica	Abril a junio	20
Pavo real morado, mariposilla[1]	*O. reichenheimii*		Endémica	Octubre a enero	50
Tigrilla,[1] tigrinas	*O. tigrinum*	A	Endémica	Septiembre a junio	130
Limoncitos	*Prosthechea citrina*	Pr	Endémica	Marzo a julio	>100
	P. cretacea		Endémica	Octubre a noviembre	ND
	P. pastoris		Endémica	Mayo a agosto	ND
Mosquito[1]	*P. squalida*		Endémica	Junio	ND
Mariposilla blanca	*Rhynchostele cervantesii* subsp. *cervantesii*	A	Endémica	Noviembre a marzo	>500
Mariposilla amarilla	*R. maculata* subsp. *maculata*		Endémica	Septiembre a abril	80
Toritos	*Stanhopea* spp.			Septiembre y octubre	100
Cuerno de cabra	*Trichocentrum cebolleta*		No endémica	Enero a abril	ND
Oreja de burro	*T. pachyphyllum*		No endémica	Diciembre a enero	>80

Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial.
Distribución. Endémica en México: cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio nacional y a las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. ND: No determinado.
[1]Comunicación personal de la señora Ana Lilia de Pensado.
Fuente: elaboración propia con datos de Moreno-Raya 2010, Ávila-Díaz 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tante es el *matsutake*, con una derrama económica aproximada de 8 797 766 pesos en 1996 y 4 500 mil pesos en 1999 (CEPFOR 2003).

En Michoacán existen 122 especies de hongos silvestres comestibles (Quintana-Ruiz 2012), de las cerca de 300 especies que se consumen en México (Burrola-Aguilar *et al.* 2012).

En el estado se comercializan 27 especies (cuadro 8). Las que tienen mayor demanda en los mercados son las trompas de puerco (*Hypomyces lactifluorum*), el hongo amarillo (*Amanita caesarea, sensu lato*), las patas de pájaro (*Ramaria* sp.; figura 8) y el huitlacoche (*Ustilago maydis*, figura 9; Castro-Piña 2004, Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004, Gómez-Reyes *et al.* 2005, Gómez-Peralta y Zamora-Equihua 2012, Gómez-Peralta 2013).

Los hongos silvestres se aprovechan sin planes de manejo. Una excepción son los campesinos de Yoricostio, municipio de Tacámbaro, quienes utilizan hongos silvestres de plantaciones forestales, mediante el micoturismo (figura 10). Los emplean en la elaboración de platillos y los venden frescos (figura 11) y deshidratados (Mendoza-González 2009, Gómez-Peralta y Zamora-Equihua 2012).

CUADRO 8. Especies de hongos que se comercializan en Michoacán.

Nombres comunes	Nombre científico	Municipios de procedencia	Meses de venta
Champiñón silvestre, hongo blanco, llanito, llanero	*Agaricus campestris*[1,2]	Charo, Huiramba, Morelia, Pátzcuaro, Queréndaro	Junio
Santiago, hongo amarillo, amarillo, *tiripiti terekua*	*Amanita caesarea sensu lato*[1,2,3,5]	Charo, Morelia, Paracho Pátzcuaro, Zitácuaro	Julio a septiembre
Pantereko, panadero, pancitas, cemitas	*Boletus edulis sensu lato*[5]	Paracho	Agosto y septiembre
Tacitas	*Cantharellus cibarius*[5]	Paracho	Septiembre
Pataratas	*Calvatia cyathiformis*[1]	Charo	Julio
Patas de pájaro	*Clavulina cinerea*[2]	Charo	Agosto
Tejamanilero	*Clitocybe gibba*[2,4]	Morelia, Pátzcuaro, Tácambaro, Madero	Agosto a octubre
Gachupín, *sirat angants*, oreja de ratón	*Helvella crispa*[1,3,5]	Charo, Zitácuaro, Paracho	Agosto a septiembre
Sirat angants, oreja de ratón	*H. lacunosa*[5]	Paracho	Agosto a septiembre
Santa María	*Hygrophoropsis aurantiaca*[1,3]	Charo, Zitácuaro	Julio
Trompa de puerco, trompas *kuxtereko*	*Hypomyces lactifluorum*[1,2,5]	Charo, Morelia, Pátzcuaro, Paracho	Agosto a septiembre
Trompa de venado, *tataratsikua*	*Lycoperdon perlatum*[5]	Paracho	Septiembre
Moraditos	*Laccaria amethystina*[4]	Tacámbaro, Madero	Agosto a octubre
Moraditos	*L. bicolor*[4]	Tacámbaro, Madero	Agosto a octubre
Hongo de lima, flor de lima, moraditos	*L. laccata*[1,2,4,5]	Charo, Paracho, Tacámbaro, Madero	Agosto a octubre
Hongo de lima grande	*L. proxima*[2]	Charo	Agosto
Enchilado	*Lactarius deliciosus*[3]	Zitácuaro	Agosto
Azul, hongo azul	*L. indigo*[3]	Zitácuaro	Agosto
Enchilado	*L. salmonicolor*[3]	Zitácuaro	Agosto
Uachas, uachitas	*Lyophyllum decastes*[1,2,3,5]	Charo, Pátzcuaro, Zitácuaro	Agosto a septiembre
Codorniz	*Macrolepiota procera*[1,3]	Charo, Zitácuaro	Julio
Patitas de pájaro, *k'uin antsir terekua*	*Ramaria botrytis* var. *botrytis*[1,3,5]	Charo, Huiramba, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Queréndaro, Zitácuaro	Julio a septiembre

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 8. Continuación.

Nombres comunes	Nombre científico	Municipios de procedencia	Meses de venta
Patita de pájaro, patas de pájaro, *k'uin antsir terekua*	*R. flava sensu lato*[1,2,3,5]	Charo, Huiramba, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Queréndaro, Zitácuaro	Julio a septiembre
Patitas de pájaro, *k'uin antsir terekua*	*R. flavigelatinosa* var. *megalospora*[1,5]	Charo, Huiramba, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Queréndaro	Julio a septiembre
Patitas de pájaro, *k'uin antsir terekua*	*R. rubiginosa*[1,5]	Charo, Huiramba, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Queréndaro	Julio a septiembre
Redaño de venado	*Sparassis crispa*[2]	Charo	Agosto
Huitlacoche, tecolote	*Ustilago maydis*[1,2,5]	Charo, Paracho, Pátzcuaro, Tarímbaro	Junio a septiembre

Fuente: elaboración propia con datos de [1]Castro Piña 2004, [2]Gómez Peralta y Angón Torres 2004, [3]Gómez Reyes *et al.* 2005, [4]Gómez Peralta y Zamora Equihua 2012, [5]Gómez Peralta 2013.

FIGURA 8. Canasta con hongos silvestres comestibles: *Hypomyces lactifluorum,* hongos de color naranja en la parte inferior; *Amanita caesarea,* hongos de color naranja y en forma de sombrero en la parte izquierda y superior; *Ramaria* spp., hongos en forma de coral en la parte central y derecha; *Amanita vaginata,* hongos pequeños en forma de sombrero en la parte central y *Macrolepiota procera,* en la parte posterior. Foto: Vitalina Zamora-Equihua.

FIGURA 9. Huitlacoche o tecolote (*Ustilago maydis),* hongo que parasita al elote y que es comúnmente comercializado en los tianguis regionales en Michoacán. Foto: Héctor Lozoya Saldaña.

Estado de conservación

La normatividad mexicana para los hongos es compleja. La NOM-010 regula su manejo (SEMARNAT 1996*c*), mientras que la Ley Forestal obliga a presentar un aviso de aprovechamiento a SEMARNAT. Sin embargo, para las especies incluidas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), el aprovechamiento debe acotarse a la Ley de Vida Silvestre, crear una unidad de manejo ambiental (UMA) y presentar una manifestación de impacto ambiental (MIA). Por ello, es difícil para las comunidades indígenas y campesinas elaborar y operar varias clases de permisos y documentos (CEPFOR 2003).

Las siete especies de hongos reguladas por la NOM-010 (SEMARNAT 1996*c*) se encuentran en Michoacán (cuadro 9) y todas presentan alguna categoría de conservación de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010*b*).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 10. Grupo de micoturistas que asisten a los recorridos de Yoricostio, municipio de Tácambaro. Foto: Violeta Cortés Hernández.

FIGURA 11. Empacado de hongos silvestres comestibles para su venta en fresco, en Yoricostio, municipio de Tácambaro. Foto: Violeta Cortés Hernández.

Amenazas para su conservación

Las principales amenazas a la diversidad y conservación de los hongos silvestres son la tala de los bosques, el cambio de uso del suelo forestal para fines agrícolas y ganaderos, la urbanización de zonas boscosas, los incendios forestales, la extracción de tierra de monte o la recolección de leña, así como la explotación intensiva de los hongos que hacen compañías extranjeras (Guzmán 1999, Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004, Burrola-Aguilar *et al.* 2012).

Acciones de conservación

Es necesario rescatar el conocimiento etnomicológico que poseen las comunidades y difundirlo. Además, se requiere redoblar esfuerzos para conocer la diversidad real de los hongos, generar conocimiento encaminado a la conservación y manejo del bosque, y por ende de los hongos silvestres comestibles.

TIERRA DE MONTE

La tierra de monte es el material que se extrae de los terrenos forestales y está formado por la mezcla de los horizontes del suelo, aunque generalmente se extraen las capas superficiales (Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004).

Boyas y Reyes (1997) definen dos calidades para la tierra de monte de la región central de México, la pri-

CUADRO 9. Especies de hongos presentes en Michoacán, reguladas por la NOM-010-SEMARNAT-1996.

Nombres comunes	Nombre científico	Categoría de riesgo	Municipios	Temporada de recolección	Observaciones
Pambazo, cema, pancita, cemita, panza de vaca, *pantereko*, *peapiti*, hongo de pan	*Boletus* gpo. *edulis*	A	Angangueo, Charo, Juárez, Hidalgo, Morelia, Nahuatzen, Pátzcuaro, Queréndaro, Tingambato, Uruapan, Zinapécuaro, Zitácuaro	Julio a septiembre	Consumo regional, autoconsumo
Hongo amarillo, duraznillo	*Cantharellus cibarius*	Pr	Charo, Hidalgo, Morelia, Nuevo Parangaricutiro, Pátzcuaro, Paracho, Senguio, Uruapan, Zitácuaro	Agosto a noviembre	Venta en mercados regionales; susceptible de exportación a EUA y Europa, donde es muy apreciado
Chile seco, pancita, morilla, mazorquita, mazorca, elotito	*Morchella esculenta*	A	Angangueo, Hidalgo, Madero, Morelia, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Pátzcuaro, Queréndaro, Senguio, Tancítaro, Uruapan, Zinapécuaro, Zitácuaro	Julio a septiembre	Susceptible de exportación a gran escala

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 9. Continuación.

Nombres comunes	Nombre científico	Categoría de riesgo	Municipios	Temporada de recolección	Observaciones
Elotillo, colmena, elotito, elote, mazorca, mazorquita	*M. conica*	A	Madero, Nahuatzen	Agosto a noviembre	Con alta demanda en Alemania, Suiza y Francia
Colmenilla	*M. costata*	A	Morelia, Pátzcuaro	Septiembre a diciembre	
Morilla, colmena, elotito, mazorca	*M. elata*	A	Angangueo, Morelia, Pátzcuaro, Senguio, Zitácuaro	Diciembre a enero	Con alta demanda en Alemania, Suiza y Francia
Hongo blanco, hongo blanco de ocote, hongo blanco de pino, hongo de ocote	*Tricholoma magnivelare*	Pr	Angangueo, Hidalgo, Morelia, Senguio	Agosto a septiembre	Con alto valor comercial en el mercado internacional

Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial.
Fuente: elaboración propia con datos de Díaz-Barriga *et al.* 1988, SEMARNAT 1996c, 2008, 2010*b*, Hernández-Salmerón *et al.* 2013, Gómez-Reyes y Gómez-Peralta (véase Hongos macromicetos, en esta obra).

mera es el suelo negro (tierra de hoja, tierra de encino o pudrición) que corresponde al material de la parte superficial del suelo (horizonte 0); es decir, materia orgánica en proceso de descomposición o descompuesta. La segunda es la nombrada como suelo, que puede ser de dos tipos: el café, al que se llama comúnmente tierra polvilla o tupure (Andosol) de textura esponjosa y el rojizo o también conocido como charanda (Acrisol y Luvisol), que es arcilloso; en ambos casos el material que se extrae corresponde a los horizontes A y B.

La cantidad de tierra de monte extraída a escala nacional alcanza 161 796 t, es el recurso con mayor porcentaje de aprovechamiento (62.37%), sin embargo, es el RFNM de menor precio en los mercados (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa 2008).

En Michoacán, de acuerdo con los Anuarios de la Producción Forestal de SEMARNAT, en el periodo de 2008 a 2012 la tierra de monte era el segundo RFNM más importante, después de la resina.

Las toneladas registradas para ese periodo suman 780; en 2010 se registró la cantidad más alta (325 t); en los otros años fue de 129 a 182 t (SEMARNAT 2010*a*, 2011*a-c*, 2013).

En Michoacán, Gómez-Peralta y Angón-Torres (2004) documentaron la actividad de extracción de tierra de monte para el sur de Morelia; la tierra polvilla se extrae en grandes volúmenes para las tabiqueras, viveros oficiales y particulares, y empresas constructoras; su precio es de 600 pesos por camión de 3 t; se calcularon volúmenes de extracción de 95 643.307 m^3. También reporta el aprovechamiento de tierra de encino, que se extrae en menores volúmenes y es destinada específicamente para jardinería doméstica y viveros; el precio por camión de tres toneladas es de 400 pesos y de 15 a 30 pesos por costal, el volumen calculado es de 5 507.468 m^3; los volúmenes de extracción calculados para ambos tipos de tierra de monte son los que se han extraído en el área estudiada desde que esa actividad inició hasta la fecha en que fue documentada.

Amenazas y acciones para su conservación

Las actividades de extracción de tierra generan un alto impacto, ya que los suelos forestales son susceptibles a la erosión; en los casos documentados no existen medidas para minimizar el impacto ecológico ni actividades de restauración (Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004).

En la mayoría de los casos la extracción de la tierra de monte se hace de manera clandestina y, por lo tanto, no está regulada. Hace falta la intervención de las autoridades competentes tanto para la regulación de esta actividad como para exigir medidas de restauración de los sitios aprovechados.

CONCLUSIONES

En Michoacán la tasa de deforestación es de 50 mil hectáreas al año (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010), lo que representa una amenaza para los RFNM; a esto se le suma la extracción intensiva de algunos recursos que se presentaron a lo largo de esta contribución.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Es importante evaluar su extracción, ya que presentan una alta demanda de uso que propicia el riesgo de su desaparición.

Estos recursos representan una fuente de ingresos, así como una estrategia de supervivencia; su conocimiento encierra tradiciones culturales de las comunidades que han habitado en los bosques desde hace muchas generaciones.

La mayoría de esos recursos se aprovechan de manera clandestina y sin organización, por lo que es necesario regularlos no sólo en el papel sino en la práctica. No existe vigilancia de autoridades y propietarios de los bosques, y la extracción o recolección de algunos de estos recursos causa un alto impacto en el ambiente, por ello se requiere de la organización comunitaria, protección de los servicios ambientales y actividades de restauración, lo que se logrará a través de la colaboración multidisciplinaria, la educación, la capacitación, la investigación y una legislación ambiental eficiente.

REFERENCIAS

Alarcón-Cháires, P. 2005. *Flora, fauna y apropiación de la naturaleza en la región nahua de Michoacán.* Editorial Morevalladolit. Morelia.

Ávila-Díaz, I. 2013. Profesora Investigadora de la Facultad de Biología, UMSNH. Comunicación personal, abril.

Benzing, D.H. 1995. Vascular epiphytes. En: *Forest Canopies.* M.D. Lowman y N.M. Nadkarni (eds.). Academic Press, Nueva York, pp. 225-254.

Boyas Delgado, J.C. y R. Reyes C. 1997. Instructivo técnico para regular los aprovechamientos de tierra de monte y hoja en suelos forestales de la región central de México. Boletín Técnico núm. 19. INIFAP-SAGARPA, México.

Burrola-Aguilar, C., R. Garibay-Orijel y M. Hernández-Téllez. 2012. Los hongos comestibles silvestres del estado de México: propuesta para su aprovechamiento. En: *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica.* J.E. Sánchez V. y G. Mata (eds.). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Tapachula, pp. 39-48.

Bye, R., E. Estrada Lugo y E. Linares Mazari. 1991. Recursos genéticos en plantas medicinales de México. En: *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.* R. Ortega P., G. Palomino H., F. Castillo G. *et al.* (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, pp. 341-359.

Camacho-Domínguez, V.E. 2012. Tesista de la Facultad de Biología, UMSNH. Comunicación personal, mayo.

Castro-Piña, L. 2004. *Comercialización de hongos silvestres comestibles en los mercados y tianguis de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

CEPFOR. Proyecto de comercialización de productos forestales no maderables. 2003. Informe sobre el mercado de hongos silvestres. UNEP-WCMC/METHODUS Consultora S.C., Reino Unido.

Céspedes-Flores, S.E. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental* 2(2):5-13.

Chávez C., M.A. 2006. *Medicina tradicional purépecha de la región del lago de Pátzcuaro, Mich., México.* Tesis de maestría en conservación y manejo de los recursos naturales. UMSNH, Morelia.

——. 2013. Profesora investigadora de la Facultad de Biología, UMSNH. Comunicación personal, marzo.

Chávez C., M.A. y J. Sánchez B. 2014. *Saberes tradicionales. Plantas medicinales de San Andrés Tziróndaro, municipio de Quiroga, Michoacán.* Herbario de la Facultad de Biología-UMSNH. Editorial Morevalladolid. Morelia.

Delgado-Lemus, A.M. 2003. *Plantas medicinales de Cutzaro, municipio de Acuitzio del Canje, Michoacán: uso tradicional, disponibilidad y extracción.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Díaz-Barriga, H., F. Guevara F. y R. Valenzuela. 1988. Contribución al conocimiento de los macromicetos del estado de Michoacán. *Acta Botanica Mexicana* 2:21-44.

García-Ruiz, I. y A. Linares. 2009. *Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano.* Colegio de Michoacán/Instituto Politécnico Nacional (IPN), Zamora.

Gómez-Peralta, M. 2013. Profesora investigadora de la Facultad de Biología, UMSNH. Comunicación personal, marzo.

Gómez-Peralta, M. y M. del P. Angón-Torres. 2004. *Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia.* SUMA/UMSNH/UACH, Morelia.

Gómez-Peralta, M. y V. Zamora-Equihua. 2012. Los hongos silvestres comestibles en Yoricostio, México. En: *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica.* J.E. Sánchez V. y G. Mata (eds.). ECOSUR. Tapachula, pp. 29-38.

Gómez-Reyes, V.M., M. Gómez-Peralta y Z. Ortega-Varela. 2005. Hongos silvestres comestibles de la comunidad indígena de Nicolás Romero, municipio de Zitácuaro, Michoacán. *Biológicas* 7:31-38.

Gómez-Reyes, V.M. y M. Gómez-Peralta. 2018. *Hongos macromicetos.* En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II, CONABIO, México.

Guzmán H., G. 1999. Los hongos en México. *La Jornada Ecológica.* En: *<http://www.jornada.unam.mx/1999/11/14/eco-textos.html>,* última consulta: 30 de noviembre de 2014.

Hágsater, E., M.A. Soto-Arenas, G.A. Salazar-Chávez *et al.* 2005. *Las orquídeas de México.* Instituto Chinoin, México.

Hernández-Salmerón, I.R., V.M. Gómez-Reyes y M. Gómez-Peralta. 2013. Contribución al conocimiento del género *Morchella* (Morchellaceae: Ascomycota) para Michoacán. *Biológicas* 15:11-15.

Hernández A., M. 1992. *Dinámica poblacional de Laelia speciosa (HBK) Schltr.* (*Orchidaceae*). Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.

Martínez-Márquez, J.S. 1986. Plantas medicinales del Jardín Botánico Michoacano Melchor Ocampo. Comisión Forestal Michoacán, México. Serie técnica núm. 7.

Masera, O.R. 1998. Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Michoacán.

Mendoza-González, G. 2009. *Ecoturismo: una alternativa para el conocimiento y conservación de hongos silvestres en Yoricostio, Tácambaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Miranda, F. 1997. Sobrevivencia de artesanías prehispánicas. En: *Manos michoacanas.* J. Rosales (ed.). Colegio de Michoacán, México, pp. 35-47.

Molina-Paniagua, M.E. y S. Zamudio R. 2010. *Estudio florístico del pedregal de Arocutín, en la cuenca del lago de Pátz-*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cuaro, Michoacán, México. Flora del Bajío y regiones adyacentes, fascículo complementario XXV.

Moreno-Raya, I.N. 2010. Comercialización, usos y aspectos ecológicos de las orquídeas de la cuenca de Cuitzeo. Proyecto: Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en las sierras altas de la cuenca de Cuitzeo. CONACYT-SIMORELOS (200000303004).

Pérez-Decelis, V.A. 2013. *Sistema de apareamiento, caracterización ecológica y propagación in vitro de Cuitaluzina pendula La Llave & Lex.* (*Orchidaceae*). Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Pérez-Pérez, M.A. 2003. *Demografía de Laelia speciosa (HBK) Schltr.* (*Orchidaceae*) *bajo diferentes condiciones de manejo en la zona centro-norte del estado de Michoacán.* Tesis de maestría en ciencias en conservación y manejo de recursos naturales. UMSNH, Morelia.

Prado-Rentería, X. 1988. *Plantas y medicina tradicional en San Andrés Tziróndaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Quintana-Ruiz, B.A. 2012. *Diversidad de hongos silvestres comestibles del estado de Michoacán.* Memoria de titulación. UMSNH, Morelia.

Reyes-García, M.G. 1989. *Contribución al conocimiento de las plantas medicinales del Valle de Tarímbaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Robles de Pensado, A.L. 2013. Experta en cultivo de orquídeas y miembro de la Asociación Mexicana de Orquideología. Comunicación personal, marzo.

Rodríguez-López, A.R. 2012. *Plantas medicinales para la diabetes que se comercializan en los principales mercados de Morelia, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rojas-Cortés, G. 2006. *Plantas medicinales de Caltzontzin, municipio de Uruapan, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ruiz-Méndez, T. de J. 1989. *Contribución al conocimiento de las plantas medicinales en la región de Caleta de Campo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Santillán-Belmont, N. 2006. *Exploración etnobotánica, reproducción y comercialización de nurite* (*Satureja macrostema Briq.*) *en Caltzontzin, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Ingeniero agronómo especialista en fitotecnia. UACH, Estado de México.

Santos-Ortuño, A.K. 2012. *Etnobotánica de plantas medicinales silvestres y cultivadas de la comunidad de Aguanuato, municipio de Panindícuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1996*a*. Norma Oficial Mexicana NOM-008-SEMARNAT-1996. Publicada el 24 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——. 1996*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-009-SEMARNAT-1996. Publicada el 26 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——. 1996c. Norma Oficial Mexicana NOM-010-SEMARNAT-1996. Publicada el 28 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——. 1996*d*. Norma Oficial Mexicana NOM-011-SEMARNAT-1996. Publicada el 26 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——. 1996*e*. Norma Oficial Mexicana NOM-027-SEMARNAT-1996. Publicada el 5 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——.1996*f*. Norma Oficial Mexicana NOM-028-SEMARNAT-1996. Publicada el 24 de junio de 1996 en el DOF. Texto vigente.

——. 1997*a*. Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEMARNAT-1996. Publicada el 20 de mayo de 1997 en el DOF. Texto vigente.

——. 1997*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-006-SEMARNAT-1997. Publicada el 28 de mayo de 1997 en el DOF. Texto vigente.

——. 1997c. Norma Oficial Mexicana NOM-007-SEMARNAT-1997. Publicada el 30 de mayo de 1997 en el DOF. Texto vigente.

——. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1996. Publicada el 27 de octubre de 1999 en el DOF. Texto vigente.

——. 2008. *Recursos forestales no maderables de clima templado-frío. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima templado-frío.* Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, México.

——. 2010*a*. Anuario estadístico de la producción forestal 2010. DGGFS, México.

——. 2010*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2011*a*. Anuario estadístico de la producción forestal 2008. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS), México.

——. 2011*b*. Anuario estadístico de la producción forestal 2009. DGGFS, México.

——. 2011c. Anuario estadístico de la producción forestal 2011. DGGFS, México.

——. 2012. Proyecto de Norma Oficial Mexicana, PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012. Publicada el 27 de junio de 2012 en el DOF. Texto vigente.

——. 2013. Anuario estadístico de la producción forestal 2012. DGGFS, México.

——. 2014. Anuario estadístico de la producción forestal 2013. DGGFS, México.

Soto-Arenas, M.A. y A.R. Solano-Gómez. 2007. Fichas técnicas. En: M.A. Soto-Arenas (comp.). *Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000.* Instituto Chinoin, A.C./Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología, A.C./Bases de datos SNIB-CONABIO/Proyecto W029, México.

Tapia-Tapia, E.C. y R. Reyes-Chilpa. 2008. Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques* 14(3):95-112.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Uso de leña y dispositivos de combustión: promotores del manejo y conservación de los recursos forestales

RENÉ DAVID MARTÍNEZ BRAVO, MONTSERRAT SERRANO MEDRANO Y OMAR RAÚL MASERA CERUTTI

INTRODUCCIÓN

La leña es un servicio de provisión que los ecosistemas otorgan a muchas comunidades rurales del país; su uso energético satisface necesidades básicas como cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción, entre otras. En México, la leña se utiliza por más de 28 millones de personas con un consumo nacional promedio diario de 1.7 kg por persona (Serrano-Medrano *et al.* 2014). Culturalmente, hay una preferencia por ciertos tipos de leña y especies de árboles, de acuerdo con la necesidad energética, misma que se ha mantenido por siglos. El consumo varía y depende de las condiciones climáticas de la zona, de su disponibilidad, de la forma de uso, del dispositivo de combustión y del tipo de leña. En regiones climáticas frías, por ejemplo, el volumen de leña puede aumentar hasta 30% respecto al promedio nacional (Masera 1994).

Históricamente, la leña se obtiene sobre todo de los bosques y en menor medida de los huertos familiares, de los arbustos o de los restos agrícolas. De manera general se considera leña a las ramas de los árboles, la madera muerta y a los residuos de la industria forestal.

Los patrones de manejo comunitario de la leña integran elementos socioeconómicos y ecológicos para estimar el consumo. Debido a la interacción de esas variables el establecimiento general del manejo es complejo, por la diversidad cultural presente en el territorio nacional; sin embargo, existe un conjunto de variables básicas que permiten el análisis del recurso, como son la ubicación geográfica y la accesibilidad al bosque (Díaz *et al.* 2011).

La investigación en México sobre el uso de la leña ha tenido al menos dos vertientes, una de ellas es a partir de la eficiencia energética para mejorar su combustión y aprovechar mejor la energía calórica; la segunda y más amplia aborda una problemática socioambiental enfocada al agotamiento de la leña, lo que podría generar problemas de deforestación y poner en grave riesgo la disponibilidad y recuperación del sistema forestal.

En este trabajo se realiza una descripción de la investigación sobre el tema de la leña en Michoacán y se muestra cómo ha entretejido diferentes disciplinas, hasta convertirse en un ejemplo de investigación multidiscipli-

Martínez-Bravo, R., M. Serrano-Medrano y O.R. Masera. 2019. Uso de leña y dispositivos de combustión: promotores del manejo y conservación de los recursos forestales. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 151-161.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

naria. Los resultados arrojan propuestas concretas para el diseño de políticas públicas y son útiles para abrir el tema de la investigación en otras formas de bioenergía, a nivel nacional, que tengan beneficios a favor de la conservación de los recursos naturales y de su manejo sostenido.

ANTECEDENTES

El estudio de la leña es vigente porque sigue siendo el principal recurso energético en las comunidades rurales, a nivel nacional. De acuerdo con Masera (1995) 74% de la madera extraída de los bosques tiene un propósito energético, por lo que su estudio proporciona información para el manejo sustentable y, con ello, evita la degradación o la deforestación de los bosques.

Las investigaciones sobre la leña han demostrado que el tema, por su amplitud, se posiciona bajo un marco socioecológico y su análisis requiere asumirlo con enfoque en varias disciplinas.

Las primeras investigaciones nacionales se realizaron a principios de los años ochenta, con la búsqueda de soluciones sobre la suficiencia energética, porque tanto a nivel mundial como en México se creía que la leña era un promotor de deforestación en las zonas rurales, por lo que era necesario conocer su situación en el país.

Los resultados de estas primeras investigaciones, a nivel nacional, identificaron las regiones del centro y sur de México como prioritarias (Masera 1993), ya que ahí la cosecha de la leña generaba efectos negativos para la conservación de los recursos forestales, debido a que la demanda del recurso superaba la productividad forestal y podría ocasionar efectos negativos en el ecosistema.

En la década de los noventa, el estudio de la leña mostró tener componentes sociales y ecológicos estrechamente ligados, por lo que fue necesario ampliar las investigaciones y profundizar en los procesos de transformación y aprovechamiento de la energía en las tareas de cocinado. Es así como Michoacán se convierte en un enorme caldero de estudios para entender las implicaciones y buscar respuestas sobre cuál es el verdadero efecto que la extracción de leña tiene en los bosques y cómo responden a esta práctica ancestral.

LOS ESTUDIOS

El primer estudio energético de la leña es el realizado por Almeida (1990), quien hizo la caracterización del poder calorífico de las especies utilizadas como combustible en Michoacán. Los resultados de su investigación reportan un contenido energético de la madera en un intervalo de 13 a 19 Mj/kg, de acuerdo con las especies preferidas para leña. El primer valor corresponde a las especies de pinos (*Pinus* spp.) y el valor energético más alto corresponde a los encinos (*Quercus* spp.).

La introducción de las estufas eficientes de leña en México, y especialmente en Michoacán, surgió como una alternativa de eficiencia energética para mejorar el aprovechamiento del calor producido en la combustión y mejorar la transferencia de la energía a la cocción de alimentos. Se probaron esas estufas que ya habían sido exitosas en Guatemala, como una alternativa de sustitución del fogón de tres piedras que se usaba tradicionalmente como dispositivo para cocinar, y se buscaba superar 10% del contenido energético que se aprovecha en el fogón para disminuir la pérdida de la energía calórica que se disipa en el ambiente (Díaz *et al.* 2011).

En la década de los noventa se desarrollaron modelos de estufas mejor adaptados a las condiciones locales (mejores materiales, técnicas de producción y difusión). El tipo de estufa eficiente introducido en Michoacán fue la llamada Lorena, cuyos materiales de construcción eran una mezcla de lodo y arena, principalmente, de ahí su nombre (Díaz *et al.* 2011).

A principios de siglo XXI, la Fundación Shell impulsó una iniciativa para apoyar programas exitosos de introducción de estufas eficientes de leña. Esa iniciativa tuvo lugar en diversas partes del mundo y se buscaba desarrollar metodologías de evaluación y monitoreo, tanto del consumo de leña como de su impacto en la calidad del aire al interior de las viviendas. En México, el proyecto estuvo ejecutado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA, A.C.) y por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM; Díaz *et al.* 2011).

En esa etapa se tuvo una clara participación de especialistas de diseño, conocedores de las condiciones locales y de la organización de la sociedad.

Las estufas se construyeron en hogares de algunas comunidades ribereñas del lago de Pátzcuaro y posteriormente se extendió el programa hacia toda la cuenca del lago. Los resultados de la Lorena confirmaron que la combustión dentro de una cámara cerrada aumenta el aprovechamiento del calor de combustión de la leña, haciéndola un dispositivo eficiente al necesitar menos cantidad de madera para cocinar las mismas comidas.

El aumento del número de estufas eficientes y su uso ocasionó una sinergia que bajó la presión al bosque, porque se necesitó menos combustible para realizar las mismas actividades (Díaz *et al.* 2004). La adopción de esta nueva propuesta tecnológica requirió de tiempo y adaptación de las prácticas de cocinado que las familias hacían en las tres piedras, porque involucró cambios conductuales. Por el lado técnico se abrió el tema de la innovación, ya que fue necesario adaptarla a las necesidades locales, las cuales son distintas a las del país de origen de la estufa.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La innovación y modificación de la estufa al contexto rural mexicano fue encabezado por GIRA, A.C., ORCA (organización ribereña contra la contaminación del lago de Pátzcuaro) y otras organizaciones civiles. Estas instituciones realizaron mejoras técnicas para la elaboración de esta tecnología; por ejemplo, agregaron cemento a la mezcla de lodo y arena para brindar mayor cohesión y evitar cuarteaduras por el efecto retráctil de las arcillas al secarse el lodo; otra mejora consistió en el cambio del tipo de comales, porque debían además servir para hacer tortillas (Díaz *et al.* 2004).

La meta de disminuir la extracción de leña y el impacto a los bosques no ha sido totalmente documentada, pero quedó comprobado que en la región de la ribera del lago de Pátzcuaro el número de viajes para colectar leña disminuyó en cada familia que adoptó la estufa Lorena (Puentes 2002).

A principios del 2000 se propuso un nuevo modelo de estufa de leña, la Patsari. Éste surgió como respuesta a la demanda de las usuarias de la Lorena para renovar la estufa, y de nuevas usuarias que deseaban adquirirla. GIRA, en colaboración con el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES antes CIECO) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, desarrollaron el modelo mejorando aspectos de construcción –para replicar el modelo rápidamente– y buscar la eficiencia energética del dispositivo, además de cubrir una mayor demanda (Berrueta 2007, Díaz *et al.* 2011; figura 1).

FIGURA 1. Estufa Patsari, durante el proceso de construcción. Foto: GIRA, A.C.

De acuerdo con los datos técnicos, la nueva estufa demostró una eficiencia cercana al 30%, a partir de las innovaciones efectuadas en la cámara de combustión que mejoró el aprovechamiento del calor y disminuyó la demanda de leña (Berrueta 2007). Un aspecto técnico con impacto ambiental es que la entrada de leña se redujo en la estufa; esta modificación ocasionó cambios en el tipo y grosor de los tamaños y las preferencias de leña. El uso de leña gruesa y de las rajas del tallo de los árboles, fueron desplazados por la preferencia de ramas delgadas. Estas innovaciones técnicas favorecieron la permanencia de árboles en pie, principalmente del género *Quercus* (encinos), porque son las especies preferidas para la leña en esta región.

El conjunto de innovaciones con los que cuenta la Patsari favorece las condiciones de los bosques, como ya se dijo brevemente. Primero, el uso de esta tecnología evita el corte de árboles completos cuando de leña se trata, porque la estufa no los puede quemar. Segundo, favorece el uso de las ramas delgadas como combustible. El desrame o poda de los árboles para obtener este tipo de leña promueve el crecimiento y la recuperación de la estructura forestal.

Otro aspecto importante ligado a esta tecnología es la búsqueda de nuevas especies para constituir la fuente de combustible; un ejemplo son los arbustos de jara (*Baccharis* spp.), los cuales tienen ramas con un diámetro idóneo para ser quemados en la Patsari. Ecológicamente, la distribución y abundancia de la jara en bosques de pino y de pino-encino se da a partir de perturbaciones o disturbios; la jara se establece fácilmente, limitando la reforestación y recuperación natural del terreno forestal. Con la adopción de las estufas Patsari se abre una posibilidad para el manejo de especies de estas características, mismas que actualmente tienen limitadas opciones de aprovechamiento y uso, eso mientras se favorece la recuperación natural de los encinares.

ESTUFAS DE LEÑA EFICIENTES: BASE DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A partir de la divulgación de los resultados, y valorando los beneficios sociales y ambientales de las estufas ahorradoras de leña, el gobierno federal lanzó un programa nacional para instalar 600 mil estufas en el sexenio 2006-2012; la meta fue sustituir el fogón tradicional. El programa incluía la disminución del riesgo de enfermedades respiratorias por la exposición a la contaminación intramuros derivada de la combustión de la leña a fuego abierto, además de otros beneficios ambientales (Armendáriz 2010).

El impacto que ha tenido la adopción de estufas eficientes de leña sobre la conservación de los recursos forestales, indudablemente es positivo, por lo que es un tema importante de abordar en investigaciones futuras. Se trata de sistematizar cómo y cuáles son los impactos al bosque que conlleva la adopción de estufas, observar las consecuencias del aumento en la eficiencia, sobre la determinación y descripción de los patrones de consumo y de las diferentes formas de extracción de leña. Se espera que el conjunto de resultados de esas investigaciones favorezca al ambiente y la oferta y disponibilidad de leña en el bosque.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

LOS PATRONES DE CONSUMO Y EXTRACCIÓN DE LA LEÑA

La documentación del conocimiento no formal que las comunidades tienen acerca del uso y manejo histórico de los recursos naturales, principalmente en la meseta Purépecha, es otra gran veta de información en la que se encuentra la leña. En el cuadro 1 se presenta una síntesis del conocimiento vinculado a los patrones de consumo y extracción de leña.

A partir de la documentación del conocimiento y de las experiencias en torno al recurso, se confirmó que las zonas bajo manejo tradicional de leña se establecen en los terrenos más accesibles de los bosques, y que existe una clara preferencia por la leña de los encinos y otras especies de hoja ancha (latifoliadas). Que el manejo en la región Purépecha implica la cosecha total del árbol, y que hay una relación directa entre la accesibilidad y la intensidad de extracción de leña (Puentes 2002).

El trabajo de Tovar (2004), en la meseta Purépecha, concluye que los patrones de consumo y extracción de leña, a nivel regional, no han ocasionado la pérdida de los bosques, pero en algunos casos son inductores de la degradación del ecosistema por la sobreexplotación del recurso.

Ante el escenario de degradación y pérdida de los recursos forestales a causa del manejo de la leña, Cerón (2002) planteó como estrategia de conservación asignar una dimensión económica al capital natural del bosque, lo que permita valorar el nivel de pérdidas de recursos que hasta el momento no tiene un valor mone-

CUADRO 1. Estudios relevantes sobre los patrones de consumo y extracción de leña.

Año	Principales resultados por estudio	Autor	Escala
2000	Obtención de la incertidumbre en la estadística oficial de la leña	Díaz 2000	Nacional
	Reporta que la leña no es un factor determinante de degradación forestal		
2002	Determinación del balance entre oferta y demanda de madera	Puentes 2002	Local
	Caracterización de la extracción de leña según la accesibilidad		
	Tiempos de traslado para la recolección de leña		
	Determinación de las preferencias de tipos de leña		
2002	Valoración económica de los bosques y sus recursos	Cerón 2002	Regional
	Estimación de la tasa de deforestación en la meseta Purépecha		
	Pérdidas económicas por la deforestación de los bosques de la meseta		
2005	Identificación espacial de áreas potenciales para cosecha de leña	Masera *et al.* 2005*b*	Estatal
	Identificación de áreas impactadas por la extracción de leña a partir de radios de 3 km alrededor de asentamientos humanos		
	Mapas de accesibilidad en base elevación del terreno, tipo de bosque y densidad de biomasa		
2004	Patrones de extracción y consumo de leña	Tovar 2004	Regional
	Morfología preferida para leña		
	Identificación de sitios de alta y baja extracción		
2007	Caracterización del manejo de encinares utilizados para extracción de leña	García-Burgos 2008	Local
	Determinación del consumo promedio de leña *per capita*		
	Evaluación de la regeneración vegetativa de los encinares		
2009	Identificación de la oferta de leña a nivel municipal	Ghilardi *et al.* 2009	Nacional
	Balance entre oferta y demanda con base en la disponibilidad de biomasa		
2010	Impacto de la estufa Patsari en la reducción de contaminación intramuros y de la exposición personal a partículas y gases tóxicos, en la meseta Purépecha	Armendáriz 2010	Regional

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tario pero que afecta de forma negativa a los servicios ecosistémicos.

El uso de la tecnología, los modelos espacialmente explícitos y de interpretación remota, favorecieron la comprensión sobre el sistema de recolección de la leña; se pudo identificar la interacción y codependencia con otros factores. El modelo de estimación de la oferta de leña en formato espacial (WISDOM), permite identificar, a escala municipal, la disponibilidad de leña en las zonas accesibles de los bosques. En los estudios realizados por Masera *et al.* (2005*b*) y Ghilardi *et al.* (2009), a nivel nacional y estatal, respectivamente, se pudieron identificar áreas forestales donde la cosecha de leña puede ocasionar degradación, eso mediante mapas temáticos de interacción entre la oferta y la demanda.

A partir de los resultados obtenidos en 2010, sobre el modelo WISDOM, se identificaron los municipios usuarios de leña que requerían restauración y conservación prioritarios; por ejemplo, se estimó un consumo de aproximadamente 1.87 millones de toneladas de biomasa, lo que representó 9.6% del consumo total en los hogares (residencial) del país. Como se observa en la figura 2, los municipios con mayor consumo se encuentran en la región de la meseta Purépecha, gran parte de Tierra Caliente (Tacámbaro, La Huacana, Ario de Rosales), en la región de la Costa y el oriente michoacano.

El modelo WISDOM, además permite diseñar escenarios tendenciales; por ejemplo, si se llevara a cabo la implementación de estufas eficientes de leña en las localidades rurales de Michoacán, desde el 2012 se tendría un efecto significativo en la reducción del consumo futuro de leña, dado que para el 2030 el consumo se reduciría 37%, pasando de 1.87 millones de toneladas, reportadas en 2010, a sólo 726 mil toneladas; en cambio, si no se implementan este tipo de tecnologías la tendencia de consumo durante el mismo periodo (2010-2030) se mantendría con muy poca variación (figura 3).

HALLAZGOS SOBRE EL MANEJO DE LEÑA DE ENCINOS (*Quercus* spp.)

La comprensión de la biología de las especies utilizadas como leña, así como la capacidad de regeneración vegetativa del género *Quercus*, fue reforzado por parte de los campesinos. Los estudios acerca del aprovechamiento de leña en las áreas de cosecha permitieron documentar las técnicas empleadas y el conocimiento tradicional del manejo; por ejemplo, se observó un cobeneficio de la técnica empleada en la cosecha campesina que mantiene la estructura funcional y la diversidad biológica de los estratos inferiores del bosque.

Profundizando en el tema de la caracterización del manejo de encinares para leña, García (2007) describe que la extracción de leña en varias comunidades de la cuenca del lago de Pátzcuaro se hace en lugares históricamente tradicionales, los cuales han sido y continúan siendo manejados para el abasto del combustible. Este resultado cambió la idea sobre el manejo campesino de los recursos, el cual se pensaba se hacía mal. Es evidente ahora que deriva de una planeación y de un ordenamiento de actividades en el ecosistema, el cual ha demostrado ser sostenible. Sólo se puede admitir pensar en una degradación de los recursos forestales en aquellos casos donde no hay tradición del manejo de la leña.

A partir de los avances en la documentación del manejo tradicional de los encinares para leña, se ha reportado que esas prácticas de manejo establecen que el diámetro mínimo del tallo de los árboles para cosecha es de 10 cm, porque cuando el árbol cuenta con un diámetro menor tiene pocas posibilidades de supervivencia, por lo tanto, no se realiza su cosecha. Otro aspecto importante del manejo tradicional es el hecho de la protección de encinares o árboles que no han sido manejados, dicho de otra manera, se promueve el aprovechamiento de los encinos que ya fueron cosechados alguna vez, de los cuales se seleccionan los rebrotes de mayor tamaño y vigor para que lleguen a la etapa adulta. Esta es una forma de manejo no formal del germoplasma de *Quercus* que favorece a la diversidad (García 2007).

Aunada a la importancia del diámetro del tallo de los encinos manejados, se ha encontrado una correlación entre el tamaño del rebrote y la edad, la cual prescribe que, para obtener diámetros mayores de 10 cm se deben dejar transcurrir mínimo 10 años después del primer corte (Tovar 2004, García 2007).

La documentación de los conocimientos no formales provenientes de informantes de la cuenca del lago de Pátzcuaro y de la meseta Purépecha han permitido un mejor entendimiento sobre la ecología campesina y las técnicas tradicionales empleadas en el manejo de la leña de los encinares, así como de las formas de transmisión a lo largo de mucho tiempo.

Aun existen huecos de información sobre el manejo de la leña, sobre todo en la zona de las selvas de Michoacán, y es claro con lo hasta ahora descrito, que el aprendizaje proveniente de los bosques no puede ser extrapolado a las otras regiones, ya que el valor cultural del recurso es totalmente diferente de una región a otra, por lo tanto, en el tema de los patrones de consumo de la leña y sus efectos sobre la biodiversidad y la conservación de los recursos naturales, la veta de conocimiento aún no se ha agotado y, como se señala al principio de este capítulo, es un tema vigente desde diversas ópticas de análisis.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

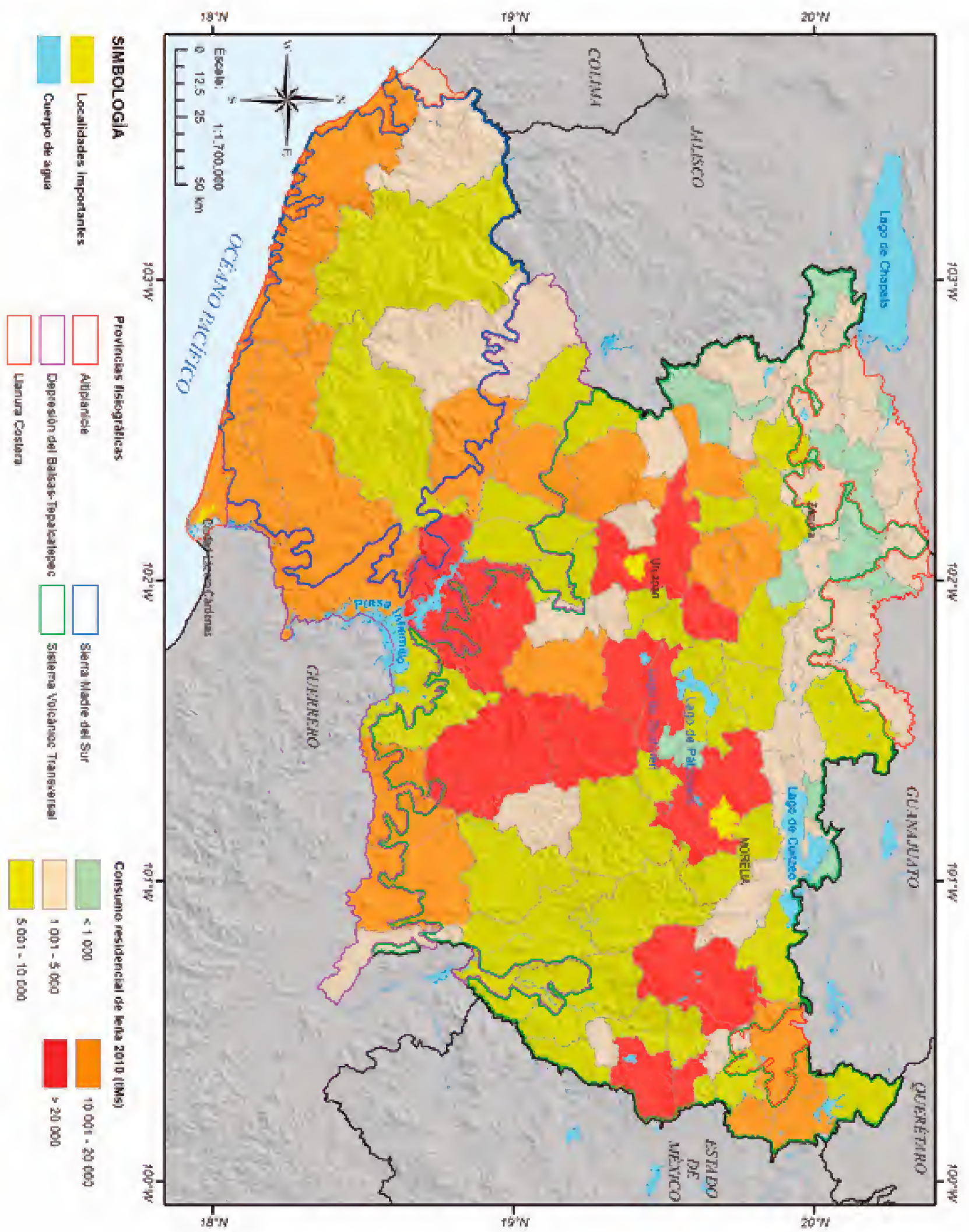


FIGURA 2. Consumo residencial de leña en 2010, en toneladas de materia seca. Fuente: elaboración propia con base en la metodología de Serrano-Medrano *et al.* 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

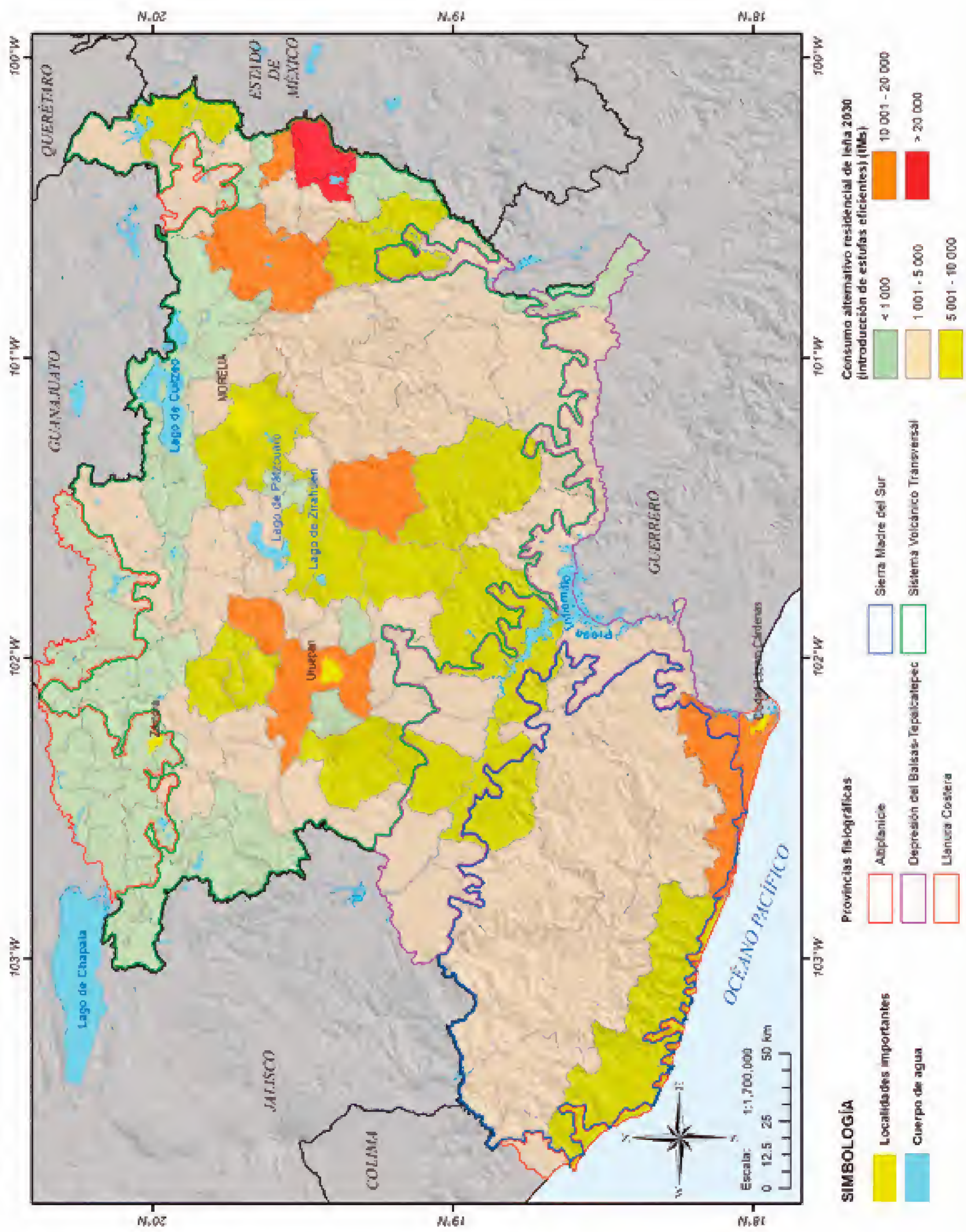


FIGURA 3. Consumo residencial de leña en 2030, bajo un escenario de introducción de estufas eficientes de leña (unidades en toneladas de materia seca).
Fuente: elaboración propia con base en la metodología de Serrano-Medrano *et al.* 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ALTERNATIVAS BIOENERGÉTICAS

Otras formas de bioenergía han ganado terreno para diferentes tareas energéticas, en los hogares y en la pequeña y mediana industria del país. En tiempos recientes, las formas de energía de bajo impacto en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son un polo de atracción para los desarrolladores de proyectos. Un conjunto variado de materias primas y cultivos presentan un portafolio de opciones bioenergéticas innovadoras (Sandoval 2010). Desde la óptica ambiental se pueden alcanzar beneficios significativos que al mismo tiempo ofrecen numerosas ventajas socioeconómicas y socioambientales (REMBIO 2011).

La bioenergía abarca distintos tipos de biocombustibles, diferentes a los sólidos o tradicionales, por ejemplo, los residuos urbanos, agrícolas y sanitarios (REMBIO 2011). Su incorporación al portafolio energético promueve sinergias con otros sectores, porque contribuyen a la disminución de los riesgos sanitarios, como la obtención de biogás de los rellenos sanitarios y, en otros casos, pueden favorecer el desarrollo rural-regional (Masera *et al.* 2011).

El desarrollo de la bioenergía ha sido tan rápido que actualmente se reconocen biocombustibles de primera, segunda y más generaciones; la diferencia entre las generaciones se hace a partir del número de transformaciones a los que es sometida la materia prima para finalmente obtener un combustible.

A diferencia de los biocombustibles de primera generación, los biocombustibles líquidos de segunda y tercera generación provienen de materias primas que ya no compiten con la producción de alimentos o las tierras destinadas a usos alimentarios, de tal forma que su producción sortea el conflicto de los costos de oportunidad o de prioridades productivas (Sandoval 2010).

DESARROLLO BIOENERGÉTICO

Específicamente en Michoacán se han tratado de implementar proyectos bioenergéticos como alternativas sustentables de desarrollo, de reconversión agrícola y de conservación de los recursos naturales. Por ejemplo, en el distrito de riego de la localidad de Cuatro Caminos, perteneciente al municipio de Múgica, se desarrolló un programa piloto durante el periodo 2002-2008, cuya meta fue mostrar opciones productivas en el sector primario mediante el cultivo de jatrofa (*Jatropha* sp.) para la fabricación de biodiesel. Desgraciadamente, debido a la falta de un paquete agronómico completo y de capacitación técnica los resultados no fueron los esperados y el proyecto colapsó; sin embargo, de contar con un rediseño y con un paquete agronómico adecuado bajo criterios de sustentabilidad y con apoyo del gobierno, el proyecto podría resurgir (figura 4).

En 2009, el Banco Mundial planteó un escenario de desarrollo con bajas emisiones, conocido como MEDEC (México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono). En el estudio se analiza el papel de los biocombustibles como promotores de desarrollo y como opciones de mitigación de gases de efecto invernadero. Los resultados demuestran que las opciones bioenergéticas actuales y futuras serán las de menor costo económico dentro del sector de la energía, además se vislumbran con un gran potencial de mitigación de gases de efecto invernadero. De las opciones bioenergéticas destacó el sistema forestal nacional, debido a que propone a los residuos de la industria forestal como materia prima importante para la generación de energía. El uso de los residuos abrirá un mercado a este tipo de productos que en la actualidad son considerados desechos nocivos para la industria y para el ambiente. El aserrín, la corteza, la madera no comercial (brazuelos y astillas) tienen un potencial importante dentro de la matriz energética nacional.

El escenario MEDEC (Banco Mundial 2009) establece que en términos de mitigación de CO_2 para la generación de energía con biomasa, este proceso tendría un costo aproximado de $2.4 USD por tonelada de bióxido de carbono equivalente (CO_2e)[1] si proviene de un manejo sustentable. El potencial de aplicación de este modelo es sobre 11.4 millones de ha forestales y con una mitigación máxima anual de 35 millones de CO_2e.

En el contexto MEDEC, Michoacán tendría un papel protagonista para producir bioenergía a partir de un manejo sustentable de los recursos forestales, porque 60% de la superficie estatal es de vocación forestal. Además, está demostrado que el manejo sustentable favorece a la biodiversidad y no se contrapone con la conservación.

La estimación promedio de biomasa en los bosques de pino michoacanos es de 120 t/ha y se distribuye en una superficie de 525 366 ha, las cuales, aplicando los enfoques de Ghilardi *et al.* (2009) y Masera *et al.* (2005*a*), podrían fungir como una fuente de energía sustentable para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de las comunidades rurales dueñas de esos recursos, y los excedentes energéticos podrían ser incorporados a la red nacional, con lo que se beneficiarían y mejorarían sus niveles de desarrollo.

[1]El término CO_2e, refiere a una unidad de mitigación de gases de efecto invernadero proveniente de los principales gases (IPCC 1995).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Plantación de jatrofa en Cuatro Caminos, en el área del distrito de riego. Foto: René Martínez.

CONCLUSIONES

Michoacán se ha mantenido como un estado pionero en materia de estudios dendroenergéticos a nivel nacional. Los estudios realizados han demostrado que cuando se logran conjuntar los conocimientos tradicionales, la investigación científica y el uso de tecnología rural apropiada, como el manejo de la leña y las estufas eficientes, es posible obtener resultados benéficos para el ecosistema y para las comunidades.

Los resultados de los estudios sobre el aprovechamiento de la leña muestran que el manejo sustentable no es promotor de deforestación o degradación forestal, por el contrario, en algunos casos el manejo del recurso tiene un rol importante en la conservación del ecosistema.

La conservación de las áreas boscosas donde se hace manejo de leña puede beneficiarse significativamente con el uso de las estufas eficientes. Su uso favorece, mediante el manejo sustentable de los recursos forestales, la recuperación de los ecosistemas y constituye una opción viable de mitigación de gases de efecto invernadero; por ejemplo, el uso de la estufa Patsari en la comunidad de Ajuno y en otras comunidades de la meseta Purépecha.

En los encinares que son utilizados como fuente de energía se ha observado que funcionan como refugio de numerosas especies animales y vegetales. En los encinos anidan y se posan aves para dormir, pequeños mamíferos y especies epífitas como la orquídea (*Laelia speciosa*) dependen de ellos como fuente de alimento y para su supervivencia.

La investigación acerca de la leña es un claro ejemplo de investigación aplicada, los resultados, aunque se han producido principalmente en Michoacán, han servido de base a programas de asistencia social y de planificación forestal con impacto a nivel nacional, contribuyendo al desarrollo local y regional.

Además de la leña, es necesario continuar investigando otras formas de bioenergía, como son los biocombustibles líquidos de segunda y tercera generación, para que puedan ser una opción tangible de energía en Michoacán. Las experiencias aprendidas sobre ellos pueden cambiar si se incorporan criterios de sustentabilidad y paquetes agronómicos apegados al contexto nacional y regional.

Finalmente, se puede decir que la bioenergía es necesaria para el desarrollo estatal, por lo que su manejo requiere de la unión con las metas de conservación de la biodiversidad y del desarrollo local; sin per-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

der de vista que es un energético que puede alcanzar cero emisiones de gases de efecto invernadero y ser un sumidero neto de carbono atmosférico.

REFERENCIAS

Almeida, R. 1990. *Análisis calorimétrico de cinco especies vegetales que se utilizan como leña*. Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.

Armendáriz, C. 2010. *Evaluación de PM25, CO y PAHS como indicadores de contaminación intramuros por combustión de leña: su relación con factores de exposición.* Tesis de doctorado. Posgrado en ciencias biológicas. UNAM, México.

Banco Mundial. 2009. *México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono.* Banco Mundial, EUA.

Berrueta, V. 2007. *Evaluación energética del desempeño de dispositivos para la cocción con leña.* Tesis de doctorado. Posgrado en ingeniería. UNAM, México.

García-Burgos, M. 2008. *Caracterización del manejo de encinos y evaluación de la regeneración vegetativa de una de las especies preferidas para leña en la comunidad de Ajuno, Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas (biología ambiental). CIECO-UNAM, México.

Cerón, A. 2002. *La valoración económica de los bosques de la región Purépecha como una estrategia para su conservación.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Díaz, R. 2000. *Consumo de leña en el sector residencial de México: evolución histórica y emisiones de CO_2.* Tesis de maestría en ingeniería. UNAM, México.

Díaz, R., V. Berrueta y O. Masera. 2004. De la "Lorena" a la "Patsari": proceso de mejoramiento e innovación de tecnología rural. Congreso Mundial de Energía Renovable. México.

——. 2011. *Estufas de leña.* Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO), México.

García-Burgos, M.G. 2007. *Caracterización del manejo de encinos y evaluación de la regeneración vegetativa de una de las especies preferidas para leña en la comunidad de Ajuno, Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, México.

Ghilardi, A., G. Guerrero y O. Masera. 2009. A GIS-based methodology for highlighting fuelwood supply/demand imbalances at the local level: a case study of central Mexico. *Biomass and Bioenergy* 33:957-972.

IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 1995. Segundo informe de evaluación. Cambio climático 1995. PNUE/UNEP, Suiza.

Masera, O. 1993. Sustainable fuelwood use in rural Mexico. Volume I: Current patterns of resource use. Report # LBL-34634. Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory.

——. 1995. *Socioeconomic and environmental implications of fuel wood use dynamics and fuel switching in rural Mexico.* Tesis de doctorado. University of California Berkeley, California.

Masera, O., R. Díaz y V.Berrueta. 2005*a*. From cookstoves to cooking systems: the integrated program and sustainable household energy use in Mexico. *Energy for Sustainable Development* 1:25-36.

Masera, O., G. Guerrero, A. Ghilardi *et al.* 2005*b*. Multiscale analysis of fuelwood "hot spots". A case study using the WISDOM approach: woodfuel integrated supply/demand overview mapping. FAO-UNAM, Roma.

Masera, O., F. Coralli, C. García *et al.* 2011. *La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas.* Cuadernos temáticos sobre Bioenergía. REMBIO, México.

Puentes, V. 2002. *Impacto del consumo de leña en el bosque de Santa Fe de la Laguna, Michoacán.* Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.

REMBIO. Red Mexicana de Bioenergía. 2011. *La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas.* Cuadernos temáticos sobre Bioenergía. REMBIO, México.

Sandoval, G. 2010. *Biocombustibles avanzados en México. Estado actual y perspectivas.* Cuadernos temáticos sobre bioenergía. REMBIO, México.

Serrano-Medrano M., T. Arias-Chalico, A. Ghilardi y O. Masera 2014. Spatial and temporal projection of fuelwood and charcoal consumption in Mexico. *Energy for Sustainable Development* 19:39-46.

Tovar, R. 2004. *Uso de leña y su impacto en comunidades de la región Purépecha, Michoacán, México.* Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre

MARÍA CONCEPCIÓN HUERTA ZAMACONA

INTRODUCCIÓN

A partir de la implementación del programa de diversificación productiva del sector rural, en 1995, se desarrolló el Sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (SUMA; SEMARNAP 1997), como una estrategia nacional para hacer compatibles y reforzar la conservación de la biodiversidad y las necesidades de producción y desarrollo socioeconómico de México, al menos en el sector rural; de esta manera se constituyeron las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, conocidas comúnmente como UMA (SEMARNAP 1997).

En julio de 2000 entró en vigor la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT 2000), donde se establece que todo aprovechamiento de flora y especies acuáticas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT 2001) y fauna silvestre, nacional o exótica, debe realizarse a través de este tipo de unidades, y se distinguieron dos modalidades: intensiva y extensiva. En la intensiva se consideraba a los jardines botánicos, herbarios, viveros y zoológicos, además de los criaderos de fauna, y en la segunda modalidad se consideró el manejo de hábitat y poblaciones de especies en vida libre.

En noviembre de 2006 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, en donde se cambió el concepto de UMA para todos los predios incorporados al SUMA, dependiendo del tipo de manejo y de la tenencia del predio. Desde entonces, los predios que realizan exclusivamente actividades de conservación se incorporan al SUMA mediante un aviso, mientras que los predios que realizan actividades de conservación y aprovechamiento sustentable deben registrarse como UMA en la SEMARNAT.

Además, se pueden incorporar al SUMA los predios de propiedad federal, estatal y municipal, en donde se realicen actividades de conservación o aprovechamiento sustentable (SEMARNAT 2000).

Por otro lado, se modifica el tipo de manejo de las UMA, quedando dos modalidades: en vida libre (antes extensiva), donde se manejan ejemplares o poblaciones de especies que se desarrollan en condiciones naturales, sin imponer restricciones a sus movimientos; e intensivo, que se realiza sobre ejemplares o poblaciones de especies silvestres en condiciones de cautiverio o confinamiento (SEMARNAT 2000).

Asimismo, se crea la figura de predio e instalaciones que maneja vida silvestre (PIMVS) de forma confinada, fuera de su hábitat natural y que no tiene

Huerta Zamacona, M.C. 2019. Sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 161-167.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como fin la recuperación de especies o poblaciones para su posterior reintegración a la vida libre (SEMARNAT 2000). Incluye específicamente los parques zoológicos y espectáculos públicos, además de los criaderos, viveros y jardines botánicos donde se manejan especies exóticas (ciervo rojo, avestruz, etc.) y cuyo objetivo es exclusivamente el aprovechamiento. Por ello, algunas de las UMA que estaban registradas en modalidad intensiva y que contemplaban el objetivo antes mencionado, cambiaron la figura de aprovechamiento de UMA a PIMVS (a petición del representante legal), y los nuevos criaderos se establecieron principalmente como predios.

CUADRO 1. Distribución de la superficie registrada como UMA en Michoacán, por tenencia de la tierra.

Tenencia de la tierra	Superficie (ha)
Comunal	186 246.13
Ejidal	223 354.69
Privada	85 159.71
Zona federal	66.14
Total	**494 826.67**

Fuente: SEMARNAT 2018.

CONTEXTO ACTUAL DE UMA Y PIMVS

El esquema de UMA para el aprovechamiento de la vida silvestre en el estado se ha consolidado con el trabajo de los prestadores de servicios técnicos, quienes han realizado la labor de difusión en las áreas rurales para dar a conocer a los pobladores el esquema de conservación y aprovechamiento de sus recursos de manera sustentable. Esto ha sido posible gracias a los programas de financiamiento de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para la elaboración de planes de manejo, al programa de conservación de la biodiversidad en comunidades rurales (COINBIO), que apoya con infraestructura para el manejo de vida silvestre, y al programa de subsidios para el fomento a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre nativa en UMA o PIMVS en zonas y comunidades rurales de la república mexicana, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Actualmente, existen 547 unidades de manejo para la conservación de vida silvestre en Michoacán, de las cuales 372 (68%) son de vida libre y 175 (32%) intensivas (figura 1); la tenencia de la tierra es de tipo ejidal, comunal, particular y de zona federal, con un total de 494 826.67 ha (cuadro 1).

FIGURA 1. UMA registradas, por modalidad. Fuente: SEMARNAT 2018.

La mayoría se encuentran en la región de Tierra Caliente y de la Costa, en los municipios de Arteaga, Tumbiscatío, Lázaro Cárdenas, Huetamo y La Huacana, en donde el principal tipo de vegetación es bosque tropical subcaducifolio, y las especies sujetas a manejo y aprovechamiento son venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), coatí (*Nasua nasua*), mapache (*Procyon lotor*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), armadillo (*Dasypus novemcintus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), conejo (*Sylvilagus cunicularis*), paloma huilota (*Zenaida macroura*), paloma alas blancas (*Z. asiatica*), chachalaca (*Ortalis vetula*), iguana verde (*Iguana iguana*), mangle rojo (*Rhizophora mangle),* mangle botoncillo (*Conocarpus erectus),* mangle blanco (*Laguncularia racemosa)* y mangle negro *(Avicennia germinans*; figuras 2 a 4). El manejo tiene como objetivos la conservación, restauración, protección, mantenimiento, recuperación, repoblación, recreación, educación ambiental, aprovechamiento extractivo y cinegético.

Actualmente, en Michoacán existen 86 PIMVS para el aprovechamiento comercial y exhibición de especies como el venado cola blanca (*O. virginianus*), la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), la iguana verde (*Iguana iguana*) y el ajolote o achoque (*Ambystoma dumerilli*); esta última especie se ha aprovechado principalmente para la producción de jarabe para la tos; el número de ejemplares varía de 19 a 45 por año (obs. per. 2013).

DENSIDAD DE POBLACIONES EN LAS UMA CINEGÉTICAS

Uno de los elementos importantes en la implementación de las unidades de manejo es que se pueden obtener datos poblacionales de las especies que se manejan en los diferentes predios registrados, ya que para autorizar la tasa de aprovechamiento es necesario realizar monitoreos anuales de poblaciones para disponer de datos, a través del tiempo, sobre poblaciones dentro de un área específica. Por ejemplo, en el caso de la UMA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

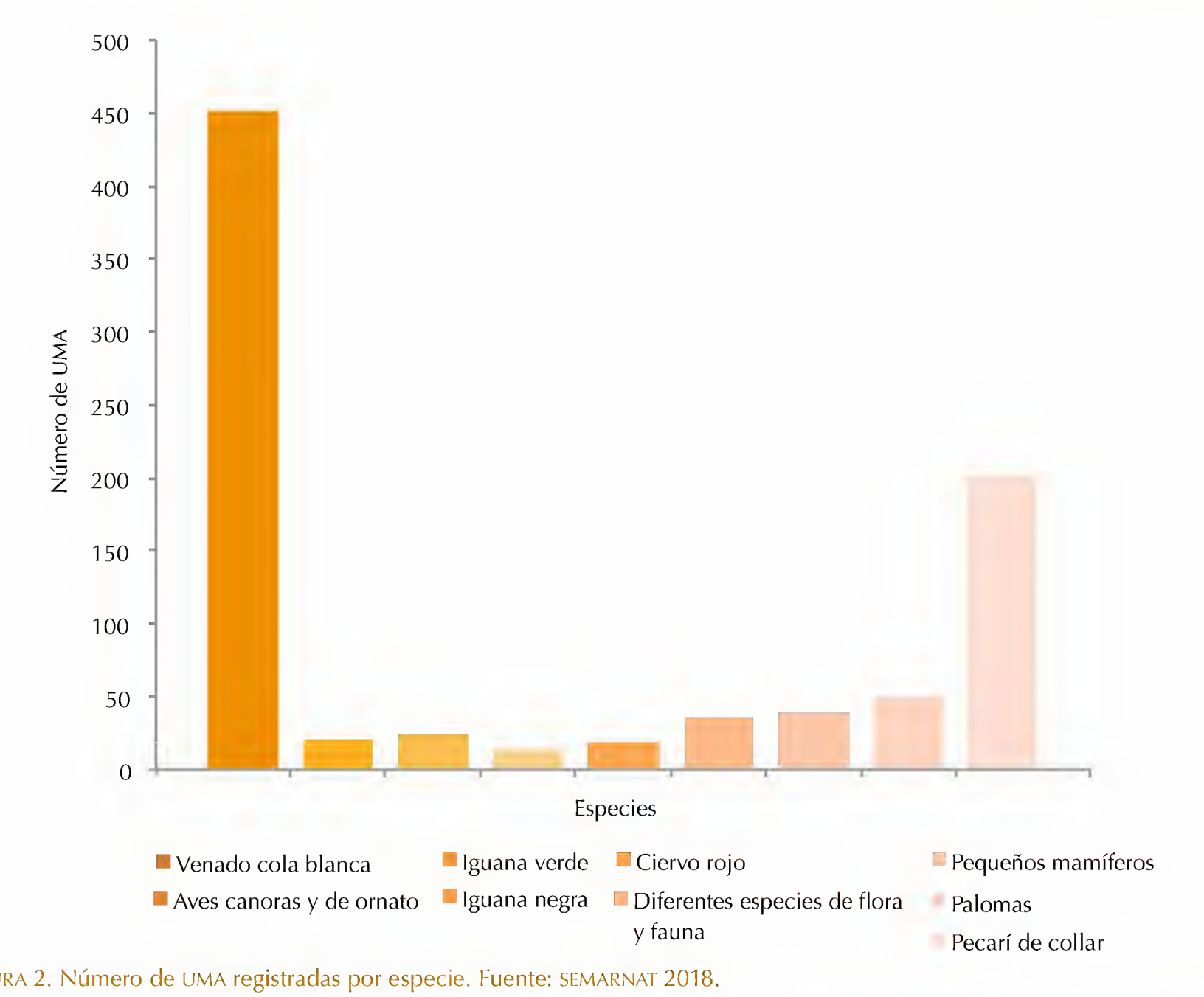


FIGURA 2. Número de UMA registradas por especie. Fuente: SEMARNAT 2018.

FIGURA 3. Predios e instalaciones que manejan vida silvestre (PIMVS) de venado cola blanca. Foto: Archivo de imágenes SEMARNAT 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

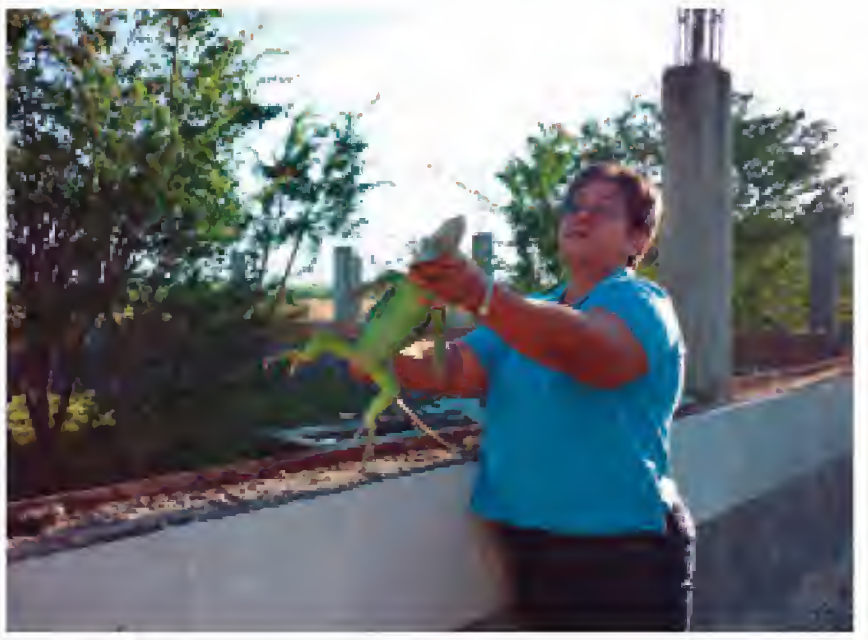


FIGURA 4. UMA de iguana verde. Foto: Archivo de imágenes SEMARNAT 2014.

Acatlán, en el municipio de Apatzingán, con una superficie de 10 988 ha, se ha observado un incremento en las poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus)* y paloma huilota (*Zenaida macroura*; figura 5); a diferencia de la UMA Ichamio en el municipio de La Huacana, con una superficie de 5 532.20 ha que han presentado un aumento en dos años para después decrecer (figura 6).

En el estado el monitoreo de poblaciones de palomas se realiza a nivel regional. Se coordinó un esfuerzo entre los representantes de las UMA y SEMARNAT Delegación Michoacán, para la realización de trabajos de evaluación poblacional con una perspectiva regional de manejo y aprovechamiento sustentable, como parte de los requerimientos técnicos, administrativos y normativos establecidos por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) para obtener las autorizaciones de aprovechamiento extractivo y ejercer la actividad de caza deportiva de manera legal en las temporadas de aprovechamiento de paloma huilota y alas blancas. Este esfuerzo también ayudó a plantear estrategias de conservación, preservación, mantenimiento y enriquecimiento de los ecosistemas que sirven como hábitat para las palomas, estableciendo, por ejemplo, plantaciones de sorgo para alimento de palomas, colocación de bebederos, reforestación de plantas nativas para resguardo, etc.; y creando en 2005 la Estrategia regional para la evaluación poblacional de palomas silvestres y su hábitat en el estado de michoacán (Díaz *et al.* 2005).

Un primer paso consistió en unificar los métodos de monitoreo de poblaciones y acordar los meses en los cuales se realizarían los conteos poblacionales en cada una de las UMA participantes. Conforme aumentó el número de UMA con palomas se realizaron los monitoreos por regiones, y en 2008 se establecieron cinco regiones en el estado, realizando transectos de aproximadamente 32 km de longitud para obtener la densidad poblacional de las palomas por la metodología de puntos fijos (Camacho *et al.* 2009), con lo que se conoce la fluctuación poblacional de estos organismos a nivel regional, de 2008 a 2012 (figura 7).

APROVECHAMIENTO

En total 330 de las UMA están registradas para llevar a cabo el aprovechamiento cinegético; sin embargo, no todas lo solicitan anualmente, pues depende del titular de la unidad que decida realizar esa actividad en su predio o prefiera que las poblaciones de los organismos que maneja aumenten sus poblaciones.

En promedio, del 2006 al 2012, 45 UMA obtienen su autorización cada temporada cinegética, expidiéndose en la SEMARNAT, delegación federal, los cintillos

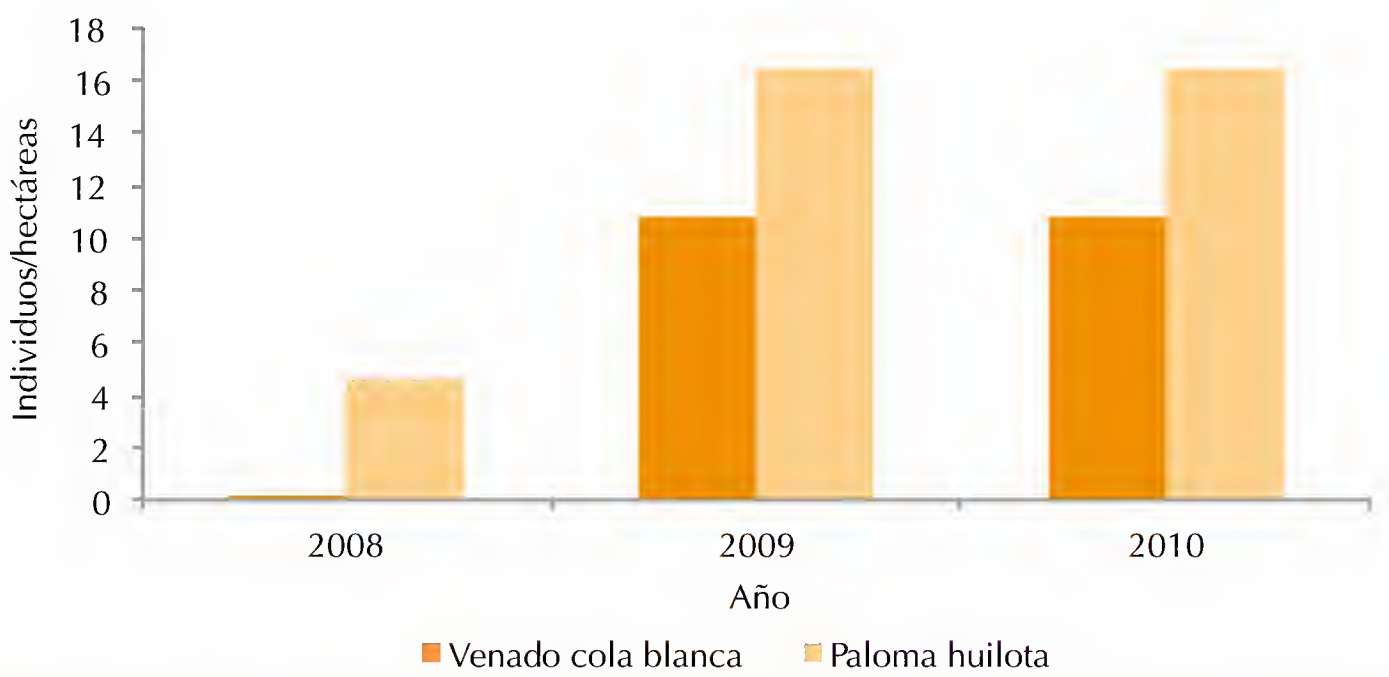


FIGURA 5. Densidad de poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y paloma huilota (*Zenaida macroura)* en la UMA Acatlán. Fuente: SEMARNAT 2013*a*.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

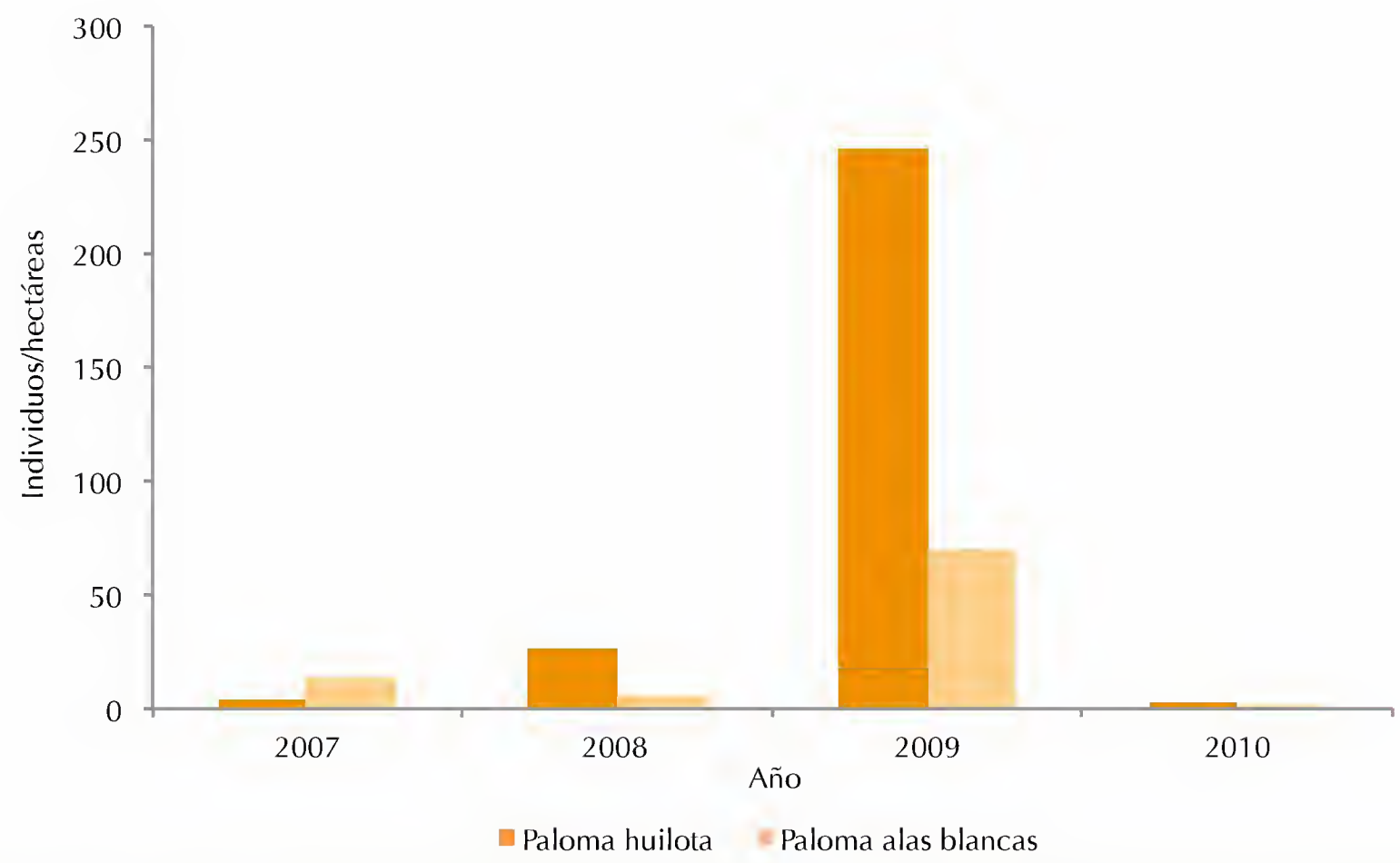


FIGURA 6. Densidad de poblaciones de paloma huilota (*Zenaida macroura*) y alas blancas (*Z. asiatica*) en la UMA Ichamio. Fuente: SEMARNAT 2013*b*.

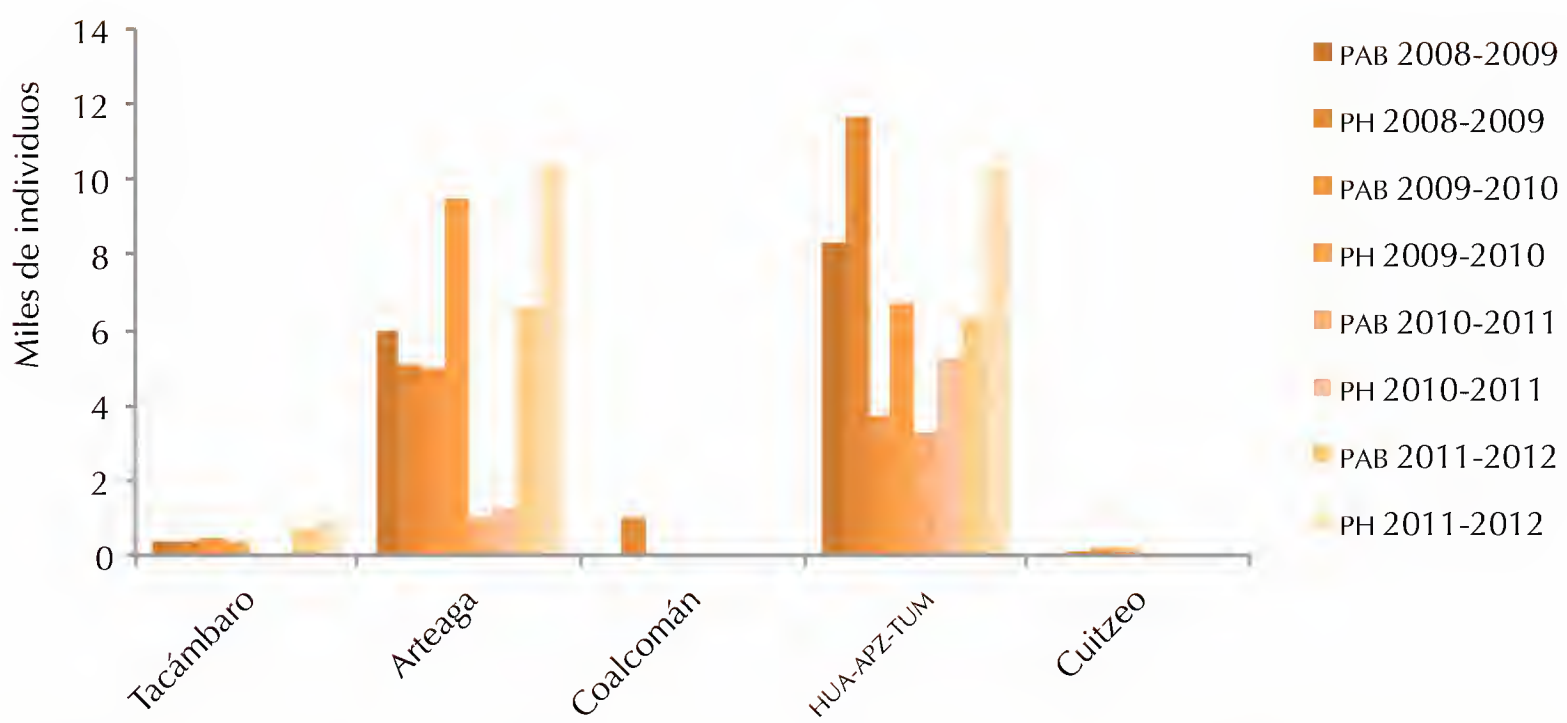


FIGURA 7. Monitoreo de poblaciones, por regiones, de paloma alas blancas y paloma huilota. PAB: paloma alas blancas, PH: paloma huilota, HUA-APZ-TUM: Huetamo-Apatzingán-Tumbiscatío. Fuente: SEMARNAT 2012.

de caza deportiva (sistema de marcaje) para cada autorización; el número de ejemplares que se permite aprovechar depende de la densidad de poblaciones que presentaba la especie en la UMA el año anterior a la solicitud. Del 2013 al 2017 el promedio de UMA con aprovechamiento ha sido de nueve; del 2006 a 2017 se autorizaron 6 274 cintillos, siendo el año 2008 cuando se expidió el mayor número de ellos, disminuyendo posteriormente debido a las condiciones de inseguridad para realizar el deporte; de esta manera se aprovecharon un total de 96 484 organismos en 12 años, en su mayoría de paloma huilota y alas blancas (cuadro 2).

Por ejemplo, en la UMA Acatlán, del municipio de Apatzingán (10 mil hectáreas), en tres años de aprovechamiento la DGVS autorizó anualmente un promedio de 13 cintillos de caza deportiva para venado cola blanca y 100 para paloma huilota, dejando una derrama para el ejido de 315 450 pesos, dinero que se utiliza para realizar mejoras en el poblado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Número de organismos aprovechados en las UMA cinegéticas, en las temporadas 2006-2018.

Especies	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
Pecarí de collar	70	69	273	221	173
Venado cola blanca	83	97	198	180	162
Paloma huilota	13 140	15 600	11 160	1 088	5 070
Paloma alas blancas	1 350	2 370	5 910	1 320	810
Patos, cercetas y gallaretas	0	1 665	30	1 215	135
Paloma suelera	0	390	0	0	0
Conejo	0	21	36	126	0
Coatí	0	0	24	6	0
Armadillo	0	0	0	3	0
Mapache	0	0	0	3	0
Codorniz	0	0	0	0	0
Total	**14 643**	**20 212**	**17 631**	**4 162**	**6 350**

Fuente: SEMARNAT 2018.

En contraste con otras UMA que se encuentran en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y son de pequeños propietarios, con superficies de 70 a 250 ha, que aprovechan mamíferos medianos y grandes, las autorizaciones son por lo general de uno o dos organismos al año; la caza deportiva la realiza el representante legal de la unidad y por lo general no obtiene recursos económicos, principalmente es caza de autoconsumo o venden la carne a restaurantes de poblaciones cercanas (SEMARNAT 2012).

APROVECHAMIENTO EN LOS PIMVS

De los 86 PIMVS inscritos en el padrón en Michoacán, 80% maneja venado cola blanca, sobre todo de las subespecies *Odocoileus virginianus mexicanus*, *O. v. sinaloae* y *O. v. acapulcensis,* dependiendo de la región en la que se localizan. Generalmente son superficies de una a cinco hectáreas, con grupos de un macho por cinco hembras, en donde la producción es de tres a cinco ejemplares por año y su aprovechamiento es principalmente como pie de cría para otros PIMVS.

Por otra parte, 46% de los PIMVS manejan ciervo rojo (*Cervus elaphus*). Varios criaderos manejan más de una especie, y los ejemplares son usados como pie de cría y para carne. Son pocos los ejemplares que se aprovechan para venta en estos criaderos, debido a que no hay demanda en el mercado, la producción mensual debe ser muy alta para sostener pedidos en establecimientos que venden carne de estos organismos y, a nivel de pequeños consumidores, no es común que las personas compren carne de 250 o 300 pesos el kilo; por lo tanto, es más el dinero que se invierte para mantener a los animales que las ganancias (SEMARNAT 2013*a*).

La producción de iguana verde y negra se realiza en 3% de los PIMVS; sin embargo, se sufre un problema de competencia con la venta ilegal de organismos, tanto para carne como para mascota, ya que se comercializan los ejemplares a precios más económicos; como es el caso de la importación de iguana verde de Centroamérica utilizada para mascota y vendida a bajo precio.

Cinco por ciento de los PIMVS son aviarios de especies exóticas, principalmente agapornis (*Agapornis personatus*), ninfa (*Nymphicus hollandicus*), rosela (*Platycercus adscitus*), faisán (*Phasianus colchicus*), lori arcoíris (*Trichoglossus haematodus*) y pavo real (*Pavo cristatus*); estos criaderos han sido exitosos ya que venden sobre todo a particulares o tiendas de mascota y su producción ha sido redituable.

CONCLUSIONES

En el estado de Michoacán se han establecido, en los últimos años, 547 UMA y 86 PIMVS para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre.

Actualmente, se ha dado a conocer la fluctuación de poblaciones del venado cola blanca y las palomas, lo que a través del tiempo podrá ser un elemento para la toma de decisiones.

Sólo 8.7% de los predios registrados como UMA o PIMVS solicita aprovechamiento, sobre todo para caza deportiva y para pie de cría de venado cola blanca, por lo que todavía hace falta consolidar a la mayoría de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
143	216	87	77	36	45	45
133	189	89	68	29	31	66
5 670	7 920	5 910	1 620	2 370	3 270	1 380
2 010	630	450	450	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
144	84	78	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	168	78	0	0	0	0
8 100	**9 207**	**6 692**	**2 215**	**2 435**	**3 346**	**1 491**

ellos para que sean autosustentables y mejorar la seguridad en el estado.

El camino para la consolidación de las UMA, como una estrategia para la conservación y el aprovechamiento sustentable, es largo aún, pero se está logrando a través de los programas de subsidios de las diferentes dependencias gubernamentales y de las personas que trabajan y luchan por la permanencia de las UMA y PIMVS establecidas.

REFERENCIAS

Camacho D., A., N. Santoveña Jacks, P.E. Díaz Díaz *et al.* 2009. Estrategia regional para la evaluación poblacional de palomas silvestres y su hábitat en el estado de Michoacán. Informe anual 2009. Documento técnico. México. Inédito.

Díaz Díaz, P.E., N. Santobeña Jacks, I. Díaz Pacheco *et al.* 2005. Estrategia regional para la evaluación poblacional de palomas silvestres y su hábitat en el estado de Michoacán. Documento técnico. México. Inédito.

SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1997. Programa de conservación de la vida silvestre y de diversificación productiva en el sector rural. SEMARNAP, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Ley General de Vida Silvestre. Publicada el 3 de julio de 2000 en el DOF. Última reforma publicada el 26 de enero de 2015.

——. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Publicada el 6 de marzo de 2002 en el DOF.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2012. Análisis de los datos de los informes de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre de la UMA Acatlán. Delegación Federal de SEMARNAT en Michoacán, México.

——. 2013*a*. Análisis de los datos de los informes de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre del PIMVS Rancho Lore, Delegación Federal de SEMARNAT en Michoacán, México.

——. 2013*b*. Análisis de los datos de los informes de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre de la UMA Estación Biológica para el Estudio Integral y Aprovechamiento Sustentable de *Ambystoma dumerilii* Jimbani Erandi. Delegación Federal de SEMARNAT en Michoacán, México.

——. 2018. Análisis de los datos de los informes de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre de las UMA en el estado de Michoacán, Delegación Federal de SEMARNAT en Michoacán,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de agaves: usos y riesgos en su aprovechamiento

IGNACIO TORRES GARCÍA Y AMÉRICA MINERVA DELGADO LEMUS

INTRODUCCIÓN

Michoacán alberga una interesante diversidad de plantas de la familia Agavaceae. De los nueve géneros que la componen (García-Mendoza 2004), existen seis en el estado (*Agave, Furcraea, Manfreda, Polianthes, Prochnyanthes* y *Yucca*) y alrededor de 24 especies nativas (Magallán y Hernández 2000). El género más diverso en el estado es *Agave*, representado por alrededor de 10 especies nativas, cinco de éstas pertenecen al subgénero *Littaea*, el cual se caracteriza por desarrollar una inflorescencia espigada (figura 1a) y seis al subgénero *Agave*, el que desarrolla una inflorescencia paniculada (figura 1b).

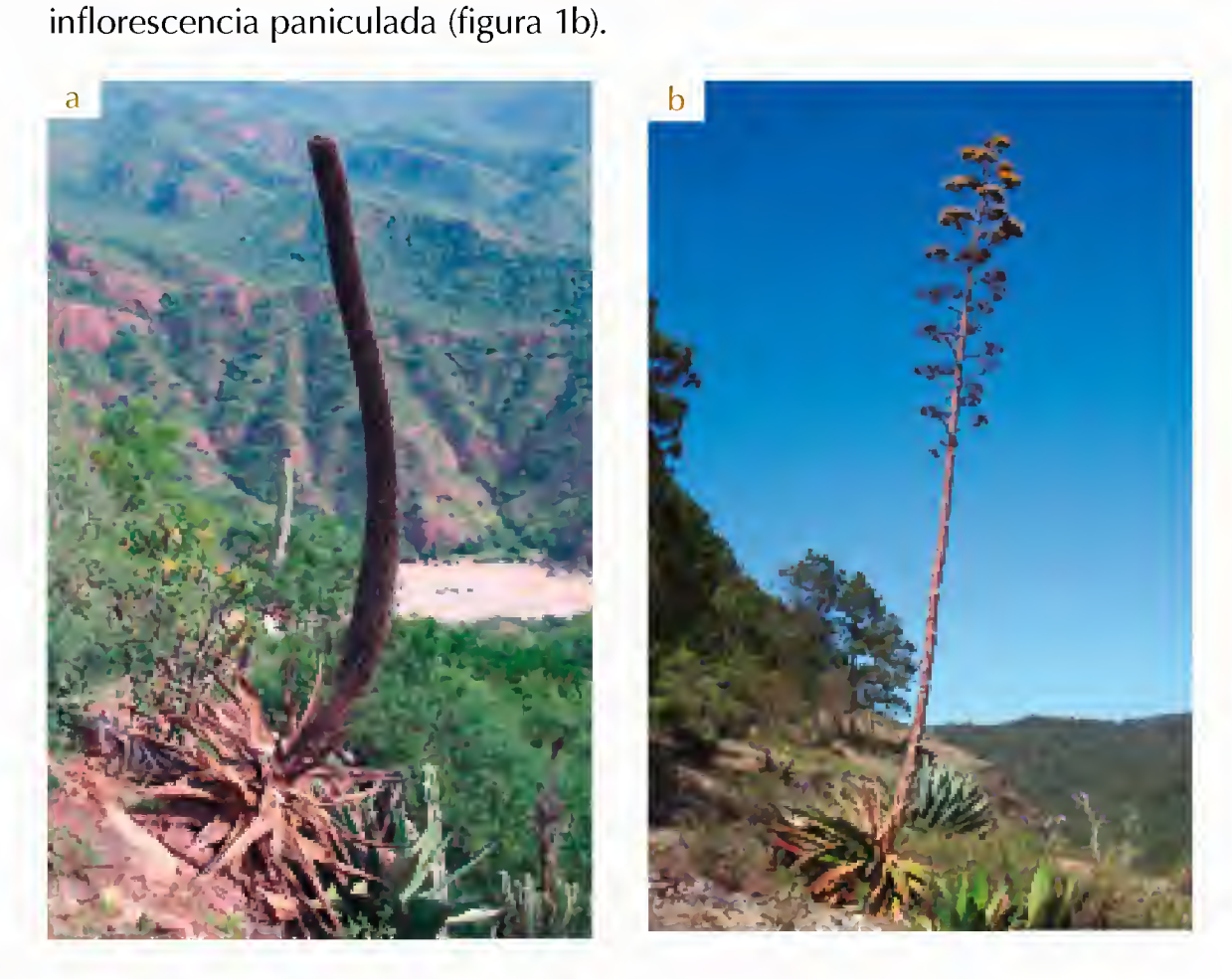


FIGURA 1. Inflorescencias de los subgéneros: a) *Littaea*, b) *Agave*. Fotos: Ignacio Torres.

Torres-García, I. y A.M. Delgado-Lemus. 2019. Diversidad de agaves: usos y riesgos en su aprovechamiento. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 169-174.

Existen además cerca de ocho especies cultivadas ampliamente (cuadro 1), la mayoría de éstas han sido introducidas desde otras regiones del país y otras son cultivares que es probable se domesticaron en la región, como es el caso del maguey pulquero (*Agave hookeri*) y el maguey chato de Sahuayo (*A. americana* var. *subtilis*; Gentry 1982, Valenzuela-Zapata 2003).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies nativas y cultivadas de agave.

Especie	Subgénero	Nombre común	Usos	Estatus ecológico y manejo	Forma de reproducción
A. americana var. *americana*[1]	*Agave*	Maguey pulquero, manso	Pul, Cv, Orn	Cultiva, domesticada	AHR, S
A. americana var. *expansa*[1]	*Agave*	Maguey pulquero	Pul, Cv, Orn	Cultiva, domesticada	AHR, S
A. americana var. *subtilis*[1]	*Agave*	Mezcal, chato de Sahuayo, manso, cenizo	Mez, Com, Orn	Cultiva, domesticada	AHR, S
A. americana var. *variegata*[1]	*Agave*	Maguey	Orn, Med	Cultiva, domesticada	AHR, S
A. andreae[1]	*Agave*	Maguey de piedra	Med	Silvestre	S
A. angustiarum[1]	*Littaea*		Fib*	Silvestre	S
A. angustifolia	*Agave*	Espadancillo, espadilla	Mez, Fib*	Silvestre, manejada	AHR, AB, S
A. attenuata var. *attenuata*	*Littaea*	Cola de zorra	Orn	Silvestre, cultivada	AHB, S
A. attenuata var. *dentata*	*Littaea*	Cola de zorra	Orn	Silvestre	S
A. colimana[1]	*Littaea*	Ita	Fib*	Silvestre	S
A. cupreata	*Agave*	Maguey chino	Mez, Vp, Com, Cv, Or, For, Her, Caz, Abo	Silvestre, manejada, cultivada	S
A. filifera subsp. *filifera*	*Littaea*	Lechuguilla	Orn	Silvestre, cultivada	S
a. hookeri	*Agave*	Maguey pulquero	Pul, Com, Cv	Cultivada, domesticada	S, ARD
a. inaequidens subsp. *inaequidens*	*Agave*	Maguey alto, largo, bruto, bravo	Mez, Med, Com, Cv, Ac, Pul, Orn, For, Fib*, Con, Her, Vp, Caz, Abo	Silvestre, manejada, cultivada	S, ARD
a. kristenii[1]	*Agave*	Maguey de piedra	Med	Silvestre	S, AHR
A. mapisaga[1]	*Agave*	Maguey pulquero	Pul, CV	Cultivada, domesticada	AHR
A. salmiana	*Agave*	Maguey manso, pulquero	Pul, CV, Ac	Cultivada, domesticada	AHR
A. tequilana	*Agave*	Agave azul, azulillo	Mez, Com, VP	Cultivada, domesticada	AHR

[1]Especies no reportadas en el capítulo de Angiospermas, en esta obra. Usos (en orden de importancia y *en desuso): Pul: aguamiel/pulque, Mez: mezcal, CV: cerca viva, Com: comestible, Her: herramientas, Fib: fibras, Med: medicinal, Con: construcción, VP: venta de planta, Caz: atrayente para caza, Ac: aislante y condimento, For: forraje, Orn: ornato, Abo: abono. Forma de reproducción: AHR: asexual hijuelos raíz, AHB: asexual hijuelos base, AB: asexual bulbilos, ARD: asexual respuesta a daños, S: sexual/semilla.
Fuente: elaboración propia con datos de Gentry 1982, Vázquez-García *et al.* 2013, The Agavaceae Database y el presente trabajo.

USOS

Los agaves han representado un importante conjunto de recursos para diferentes grupos humanos, tanto culturales como económicos (Gentry 1982, Bruman 2000, García-Mendoza 2004, Cházaro *et al.* 2008). Gran parte de esta diversidad de usos prevalece, particularmente en las comunidades rurales del estado.

En Michoacán se han registrado 14 categorías de uso (cuadro 1) y una diversidad de usos específicos; sin embargo, a lo largo de la historia algunos de estos usos han sido abandonados o reemplazados por la introducción de materiales de reciente aparición. Un ejemplo evidente es el empleo de las fibras obtenidas de las hojas del maguey alto o bruto (*A. inaequidens* subsp. *inaequidens*), aprovechadas desde hace tiempo por distintas comunidades del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

estado para la manufactura de cordeles, redes y jarcias de ixtle (Pérez-Gil 2006), práctica que ha sido desplazada casi por completo por la introducción de cuerdas y materiales plásticos.

Otros usos que han prevalecido desde épocas prehispánicas, e incluso prehistóricas, son el consumo del tallo dulce, de las bases foliares (Bruman 2000, Colunga-García Marín y Zizumbo-Villareal 2007) y la inflorescencia tierna de especies como *A. cupreata* y *A. inaequidens* subsp. *inaequidens,* que se consumen horneados o asados, los cuales se siguen consumiendo e incluso se comercializan en algunos mercados regionales de Michoacán.

La producción tradicional de mezcal es una actividad que durante un largo periodo permaneció furtiva y desprestigiada (Muriá 2003, Gallardo 2008). Pese a ello, hoy se practica en diversos municipios michoacanos y según relatos se desarrolla desde hace aproximadamente 400 años (Bruman 2000, Gallardo 2008).

Desde hace un par de décadas el consumo del mezcal ha tenido un creciente auge a nivel estatal y nacional, determinando una amplia incidencia económica, cultural y ecológica en las zonas donde se practica su uso y consumo.

En Michoacán se elabora mezcal con al menos cinco especies, tres de ellas se encuentran de manera silvestre (*A. angustifolia*, *A. cupreata*, *A. inaequidens* subsp. *inaequidens*) y solamente dos se conocen de cultivo (*A. americana* var. *subtilis* y *A. tequilana*). Cada especie posee distintas características en cuanto a su forma de reproducción, lo cual las puede hacer más o menos vulnerables a la extracción. Tal es el caso de *A. cupreata*, una de las especies más vulnerables del estado, ya que únicamente se reproduce por semilla (véase Estudio de caso. Vulnerabilidad de los agaves mezcaleros, en esta obra) y *A. inaequidens* subsp. *inaequidens* que se reproduce principalmente por semilla y genera una baja producción de hijuelos asexuales o por reproducción vegetativa en respuesta a algún daño físico; caso opuesto son las especies cultivadas que poseen una alta reproducción asexual (cuadro 1).

En 2012 fueron reconocidos e incluidos en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), 29 municipios michoacanos como parte de la denominación de origen Mezcal (IMPI 2012), debido a los esfuerzos de asociaciones, uniones mezcaleras y al impulso de instituciones del gobierno del estado, como son la Secretaría de Desarrollo Rural (SEDRU) y la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO). Este hecho legitima de forma comercial la producción y comercialización de este destilado, con el nombre mezcal, dentro y fuera del estado. Asimismo, ha derivado en el aumento de expectativas comerciales en las regiones con tradición en esta actividad, pero también de oportunistas que intentan incursionar en ella.

Hoy se observa un constante aumento en la demanda y oferta de estos destilados, ya que recientemente se han creado, en distintos centros urbanos, establecimientos especializados en la venta de mezcales. Lo anterior determina también que la explotación de agaves mezcaleros aumente de forma paralela, y aunque ninguna de las especies aquí mencionadas se encuentra en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana, estas tendencias del mercado pueden poner en riesgo a las poblaciones silvestres de estas especies, dándose casos de extinciones locales si no se llevan a cabo acciones de manejo dirigidas a su conservación y aprovechamiento sustentable.

RIESGOS EN SU APROVECHAMIENTO

La extracción de algunas especies de agaves mezcaleros en el estado se ha caracterizado por tener ritmos mucho más acelerados a la capacidad de regeneración natural de las poblaciones silvestres, dándose casos de extinciones locales. Un ejemplo es el caso del maguey chino (*A. cupreata*) que en algunas regiones con tradición mezcalera, como los municipios de Tzitzio, Charo y Madero, no se realizaba ninguna acción para asegurar la disponibilidad futura, sino que simplemente se aprovechaba el recurso mientras éste iba madurando (Vieyra 2011), anulando el único evento reproductivo y la regeneración natural.

Otro factor limitante para esta especie es el rango de distribución, el cual se limita a una altitud muy específica, que va de los 1 220 a los 1 850 msnm, dentro de la cuenca del Balsas (Gentry 1982). En algunas regiones de estos municipios el recurso se había agotado algunas décadas atrás, quedando solamente relictos en sitios muy localizados (Gallardo 2008, Martínez-Palacios *et al.* 2011), por lo cual algunos productores de mezcal tuvieron que abandonar esa actividad.

Otro ejemplo lo representa el maguey alto o bruto (*A. inaequidens* subsp. *inaequidens*), el cual de manera tradicional se aprovecha de las poblaciones silvestres de diversos municipios, siendo algunos de los más reconocidos Coalcomán, Indaparapeo, Queréndaro, Jiquilpan y Sahuayo. Históricamente esta especie ha sido utilizada de forma directa de las poblaciones silvestres, sin llevar a cabo ningún tipo de manejo dirigido a la conservación, y hoy en regiones como Jiquilpan y Sahuayo es muy difícil encontrar este recurso, que ya sólo se encuentra en lugares muy restringidos (Magaña Valdovinos 2013; figura 2).

En los municipios de Indaparapeo y Queréndaro, hace aproximadamente una década sólo se producía mezcal 100% de maguey alto, hasta que comenzó a escasear en las áreas tradicionales de corte y la gente tenía que ir cada vez más lejos, incluso hasta los muni-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Poblaciones silvestres de maguey alto (*A. inaequidens* subsp. *inaequidens*) en el municipio de Sahuayo. Foto: Ignacio Torres.

cipios aledaños a conseguir el recurso (figura 3). Una de las ventajas de esta especie es que tiene una distribución natural más amplia y se ha observado que presenta un rango altitudinal desde los 1 800 a los 2 700 msnm, facilitando así su propagación. Una de las acciones realizadas por los maestros mezcaleros para suplir este recurso fue empezar a trabajar con otras especies, como *A. tequilana*, cambiando una tradición centenaria.

En el caso del maguey chato de Sahuayo (*A. americana* var. *subtilis*), variedad conocida solamente de cultivo, ha sido aprovechada de manera tradicional para la elaboración de vino de mezcal, principalmente en los municipios de Jiquilpan y Sahuayo. Ahí, la elaboración del destilado se realiza en pequeñas producciones artesanales con una mezcla aproximada del 70% maguey chato de Sahuayo y 30% de maguey bruto (*A. inaequidens* subsp. *inaequidens*) que se comercializaba y consumía de manera local y regional. Desde hace tiempo, mezcaleros de otros municipios como Morelia, Queréndaro y Tzitzio han incursionado en el uso de este cultivar, el cual tiene la característica de ser muy dulce y por lo tanto rendidor. Dichos mezcaleros compran el maguey y lo trasladan en grandes cantidades hasta sus unidades de producción, lo cual ha derivado en una relativa escasez de este cultivar en su zona de origen.

RESPUESTAS DE MANEJO

Recientemente, en distintas regiones del estado han surgido propuestas de manejo en función de la escasez y el riesgo de que el recurso se termine. Tal es el caso de los municipios de Madero, Tzitzio y Ario, donde desde hace alrededor de 15 años se empezaron a establecer plantaciones *ex situ,* es decir, fuera de su hábitat natural (*sensu*

FIGURA 3. Cosecha de maguey alto (*A. inaequidens* subsp. *inaequidens*) en el municipio de Hidalgo por mezcaleros de Real de Otzumatlán, municipio de Queréndaro. Foto: Ignacio Torres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Blancas *et al.* 2010) de *A. cupreata* (Gallardo 2008), con plántulas generadas en viveros rústicos; se calcula que existen hoy alrededor de 800 ha de cultivo de esta especie (Martínez-Palacios *et al.* 2011).

Paralelamente, en los municipios de Queréndaro e Indaparapeo se han establecido también plantaciones *ex situ* de *A. inaequidens* subsp. *inaequidens,* pero de planta germinada de semilla en sencillos viveros de la comunidad (figura 4), que actualmente tienen alrededor de 100 ha cultivadas (Rodríguez 2011).

Además, se han podido identificar distintas formas de manejo *in situ* (dentro de su hábitat natural), y algunos factores, tales como la tolerancia, promoción y protección (Blancas *et al.* 2010). Dichas prácticas involucran acciones como, por ejemplo, dejar en pie individuos o poblaciones silvestres en áreas por desmontar (tolerancia), cosechar semillas y esparcirlas en áreas propicias para su establecimiento (promoción), trasplantar individuos completos del monte a áreas manejadas, así como el deshierbe de malezas que compiten con los agaves (figura 5).

Estas son algunas de las acciones documentadas que se llevan a cabo en las regiones mezcaleras de Michoacán. Es de vital importancia continuar con la documentación científica de estas técnicas tradicionales de manejo, con el fin de difundir, fortalecer y enriquecer planes de manejo y programas gubernamentales de apoyo a los agricultores tradicionales de agave de todos los municipios mezcaleros. Asimismo, se debe considerar no repetir modelos productivos que se ha comprobado son destructivos y nocivos para el ambiente y para la diversidad genética de los agaves, como ha sido el caso del cultivo extensivo de agave azul (*A. tequilana*) en Jalisco, modelo que se ha extendido a otros estados con denominación de origen tequila.

En este contexto, recientemente diversos investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH) y del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIES-UNAM), que forman parte del eslabón de investigadores del sistema producto "Destilados de agave y sus derivados", con apoyo de COFUPRO (Coordinadora de Fundaciones Produce) y SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), han generado investigación en participación conjunta con algunas regiones mezcaleras en torno a distintos aspectos del cultivo y aprovechamiento de magueyes mezcaleros. Principalmente abordan temas de investigación, tales como: las principales plagas y enfermedades del agave y formas de combate; el uso de micorrizas, las cuales son asociaciones simbióticas entre hongos y aga-

FIGURA 4. Manejo *ex situ* de maguey alto en la comunidad de Río de Parras, municipio de Queréndaro. Foto: Ignacio Torres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Manejo *in situ* de maguey alto en la comunidad de Real de Otzumatlán, municipio de Queréndaro. Foto: Ignacio Torres.

ves que pueden optimizar el crecimiento de las plantas en cultivo; los posibles efectos del cambio climático en los cultivos; aspectos de fertilización orgánica; aspectos de polinización; selección y manejo de la semilla; zonas óptimas y marginales para su cultivo y conservación, entre otros. Todos esos esfuerzos están enfocados a caracterizar, analizar, recomendar y difundir información básica para encaminar el aprovechamiento de estas especies hacia términos sustentables. La amalgama entre conocimiento tradicional e investigación científica es vital para enfrentar los retos actuales y futuros en los sistemas tradicionales de aprovechamiento.

REFERENCIAS

Bruman, H.J. 2000. *Alcohol in ancient Mexico*. The University Utah Press, EUA.

Blancas, J., A. Casas, S. Rangel-Landa *et al*. 2010. Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 64:287-302.

Cházaro, M.J., J.M. Rodríguez y J. Gallardo. 2008. El primer eslabón de la cadena. En: *La producción de mezcal en el estado de Michoacán*. J. Gallardo, A.C. Gschaedler, M.J. Cházaro *et al.* (eds.). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., pp. 9-25.

Colunga-GarcíaMarín, P. y D. Zizumbo-Villareal. 2007. El tequila y otros mezcales del centro-occidente de México: domesticación, diversidad y conservación de germoplasma. En: *En lo ancestral hay futuro: el tequila, los mezcales y otros agaves*. P. Colunga-GarcíaMarín, A. Larque-Saavedra, L.E. Eguiarte y D. Zizumbo-Villareal (eds.). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., pp. 113-131.

Gallardo, J. 2008. La producción de mezcal en el estado de Michoacán. En: *La producción de mezcal en el estado de Michoacán*. J. Gallardo, A.C. Gschaedler, M.J. Cházaro *et al.* (eds.). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., pp. 49-64.

García-Mendoza, A.J. 2004. Agaváceas. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México, pp. 159-169.

Gentry, H.S 1982. *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press, EUA.

IMPI. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. 2012. Modificación a la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal. Publicada el 22 de noviembre de 2012 en el DOF. Texto vigente.

Magallán, F. y L. Hernández. 2000. La familia Agavaceae en el estado de Querétaro. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 66:103-112.

Magaña Valdovinos, J.F. 2013. Productor de vino mezcal en la Barranca del Moral, Municipio de Sahuayo. Comunicación personal, marzo.

Martínez-Palacios A., J.M. Gómez-Sierra, C. Sáenz-Romero *et al*. 2011. Genetic diversity of *Agave cupreata* Trel. & Berger. Considerations for its conservation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:159-165.

Muriá, J.M. 2003. *Una bebida llamada tequila*. El Colegio de Jalisco, México.

Pérez-Gil, F. 2006. Catálogo de las frutas, raíces y tubérculos, y de las producciones agrícolas de Michoacán, 1892. Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, México.

Rodríguez, I. 2011. Presidente de la Unión de Mezcaleros Agrícolas. S.P.R. de R.L. Río de Parras, municipio de Queréndaro. Comunicación personal, agosto.

The Agavaceae Database. En: *<http://www.agavaceae.com>*, última consulta: octubre de 2014.

Valenzuela-Zapata, A.G. 2003. *El maguey tequilero, cultivo e industria de México*. Ed. Mundi-Prensa, México.

Vázquez-García, J.A., M.A. Muñiz-Castro, E. Sahagún-Godínez *et al.* 2013. Four new species of Agave (Agavaceae) of the Marmoratae Group. *Systematic Botany* 38:1-12.

Vieyra, E. 2011. Presidente del Grupo de Vinateros Piedras de Lumbre S.P.R. de R.L. municipio de Morelia. Comunicación personal, marzo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Vulnerabilidad de los agaves mezcaleros

IGNACIO TORRES GARCÍA

La sustentabilidad en el aprovechamiento de los agaves mezcaleros depende de diversos factores y procesos de naturaleza histórica, sociocultural, institucional, biológica, climática y geográfica, que ocurren a diferentes escalas espacio-temporales (Delgado-Lemus *et al.* 2014*a*).

En Michoacán se elabora mezcal, principalmente con cinco especies de agave (véase Diversidad de agaves: usos y riesgos en su aprovechamiento, en esta obra), cada una de ellas presenta características particulares en relación con su forma de reproducción, distribución y con aspectos relacionados a la demanda en el mercado y a las distintas estrategias de aprovechamiento; la combinación de estas particularidades determina el grado de vulnerabilidad que presenta cada una de las especies (Torres *et al.* 2015).

Debido a la continua y creciente demanda de agaves mezcaleros es necesario identificar el grado de vulnerabilidad al que están expuestas las especies, y así conocer cuáles necesitan más atención y qué acciones se pueden llevar a cabo para restablecer sus poblaciones. Para ello, se ha desarrollado un índice integrado de vulnerabilidad (IV; Torres 2009, Torres y Campos 2013). Ese índice utiliza para su cálculo la información de seis indicadores biológicos, ecológicos y sociales, y se toman en cuenta aspectos intrínsecos de la especie y otros relacionados a su manejo. El índice está expresado en la siguiente fórmula: $IV = \sum (f+e+i+b+p+d)$. Donde f es la demanda en el mercado, e es el estatus de manejo, i es el grado de organización institucional, b es la biología reproductiva, p es la parte aprovechada y d es la distribución de la especie (cuadro 1).

CUADRO 1. Ponderación de valores otorgada a cada una de las variables que conforman el índice de vulnerabilidad (IV).

Variable	Valores
Demanda en el mercado (*f*)	1: baja 2: media 3: alta
Estatus de manejo (*e*)	0: silvestre, manejada y cultivada 1: cultivada 2: silvestre y manejada 3: extraída de manera silvestre
Grado de organización institucional (*i*)	0: alto 2: medio 4: nulo
Biología reproductiva (*b*)	1: semillas y alto clonal 2: semillas y bajo clonal 3: alto clonal 4: semilla
Parte aprovechada (*p*)	1: hojas 2: meristemo 3: planta completa
Distribución de la especie (*d*)	0: muy amplia 1: amplia 2: media 3: limitada 4: restringida

Fuente: Torres y Campos 2013.

Torres-García, I. 2019. Vulnerabilidad de los agaves mezcaleros. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 175-177.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El índice de vulnerabilidad es la suma de los valores otorgados para las seis primeras columnas del cuadro 2. El índice sugiere que las especies más vulnerables son *Agave cupreata* y *A. americana* var. *subtilis* (figura 1). La primera se trata de una especie nativa que tiene una alta demanda en el mercado, se reproduce únicamente por semilla y tiene una distribución relativamente restringida. Por ello, se tendrían que impulsar acciones enfocadas a conservar y no sólo a aprovechar las ya menguadas poblaciones silvestres.

CUADRO 2. Valores otorgados para cada una de las variables del índice de vulnerabilidad (IV) para las especies de agave mezcaleras en Michoacán.

Especie	Demanda	Manejo	Organización	Reproducción	Parte aprovechada	Distribución	IV
Agave americana var. *subtilis*	3	2	2	3	3	3	16
A. angustifolia	1	3	4	1	3	1	14
A. cupreata	3	1	2	4	3	3	16
A. inaequidens subsp. *inaequidens*	3	0	2	2	3	3	11
A. tequilana	3	2	2	3	3	3	15

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 1. a) *Agave cupreata,* b) *A. americana* var. *subtilis*. Fotos: Ignacio Torres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Es indispensable continuar con los esfuerzos de recolección de semilla y siembra en almácigo, en vivero, con la generación de plántulas para reforestar áreas destinadas para conservación y también crear plantaciones, las cuales tendrán que establecerse en áreas ociosas o abandonadas y de ninguna manera desmontando vegetación natural.

Otra de las acciones, no sólo para esta especie sino en general para el aprovechamiento de los recursos colectivos, es reforzar la estructura de las organizaciones sociales. Independientemente de que se conozcan las técnicas y estrategias idóneas para propagar y cultivar, las instituciones u organizaciones sociales son esenciales para asegurar que diversas acciones se lleven a cabo de manera ordenada, asegurando así la permanencia de estos recursos naturales.

Este sencillo índice puede ser aplicado para identificar qué variable tiene más peso en el factor de riesgo; se basa en la comparación con otras especies que se encuentran en diferentes condiciones. Para aumentar la efectividad de este índice es necesario refinar la ponderación de las distintas variables y establecer una escala estándar, así como incorporar variables determinantes para cada recurso específico, tales como el tiempo que tarda en madurar y reproducirse, el efecto de la incidencia de plagas, inclusive los posibles efectos del cambio climático.

REFERENCIAS

Delgado-Lemus, A., I. Torres, J. Blancas y A. Casas. 2014*a*. Vulnerability and risk management of *Agave* species in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:53.

Torres, I. 2009. *Dinámica poblacional de dos morfos de Agave potatorum Zucc. en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán: bases para su manejo sustentable*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, Michoacán.

Torres, I. y M. Campos. 2013. *Índice Integrado de Vulnerabilidad de Recursos Vegetales: el caso de los agaves en México*. México. Inédito.

Torres, I., J. Blancas, A. León y A. Casas. 2015. TEK, local perceptions of risk, and diversity of management practices of *Agave inaequidens* in Michoacán, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 11:61.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Recursos naturales para la producción tradicional de mezcal: más allá de los agaves

IGNACIO TORRES GARCÍA Y AMÉRICA MINERVA DELGADO LEMUS

Un aspecto importante que no ha sido tomado en cuenta, al menos de manera formal, por grupos de investigación y programas de apoyo gubernamental en las distintas regiones mezcaleras de Michoacán, es que en la producción de mezcal se emplean otros recursos bióticos y abióticos además del maguey (Delgado-Lemus 2008, Torres *et al.* 2013); la producción de mezcal implica el uso de la leña con la que se hornea y destila.

En Michoacán se emplean grandes cantidades de leña, principalmente de especies de encino (*Quercus* spp.), pino (*Pinus* spp.), en menor proporción especies como aile (*Alnus* spp.), madroño (*Arbutus* spp.) y distintas especies de leguminosas como palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), mezquite (*Prosopis* sp.), tepehuaje (*Lysiloma* spp.), huamúchil (*Pitecellobium dulce*), tepame (*Vachellia pennatula*), entre otras.

Asimismo, se utilizan otras especies para cubrir las piñas en el horno, que aunque se requieren en menor biomasa, se emplean constantemente. Tal es el caso de las hojas de palma (*Sabal pumus)* y las agujas u hojas de pino (huinumo); además, se usan los petates hechos de chuscuta (*Typha* sp.) y diversas especies de pastos.

La producción de mezcal también implica el empleo de los alambiques en donde se destila, a pesar de que son pieza clave en la elaboración del mezcal se reemplazan eventualmente por ser muy duraderos. Pero esos utensilios se fabrican de troncos longevos ahuecados de oyamel (*Abies religiosa*), de tablones de encino, pino, fresno (*Fraxinus uhdei*), copal (*Bursera* sp.) o higuera (*Ficus* spp.); además se utilizan cinchos hechos de parras silvestres (*Vitis tiliifolia*).

Todas las especies nombradas son aprovechadas de poblaciones naturales y no se conoce cuál es el efecto que esta actividad tiene en el estado de conservación de las áreas donde son extraídas. Desgraciadamente, no se tiene registro de algún esfuerzo de reforestación por parte de las organizaciones mezcaleras del estado; acción que se considera sumamente necesaria para la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos en la entidad.

Además de los recursos bióticos enumerados, un recurso abiótico esencial también utilizado en la elaboración del mezcal, específicamente en la fermentación, es el agua, la cual tiene que ser de la más alta calidad, libre de contaminantes y agentes antibacterianos (Delgado-Lemus 2008). Este recurso es obtenido de manantiales naturales y su conservación es vital para el buen desempeño en la actividad de producción del mezcal, ya que además es el recurso que le confiere a los mezcales el sello organoléptico único de cada región mezcalera, dado por sus composiciones regionales minerales únicas.

Actualmente, no se conoce si la actividad mezcalera tiene alguna consecuencia negativa dentro de los sistemas hídricos regionales; sin embargo, el aprovechamiento y la conservación de los recursos empleados deben ser ejes a tomarse en cuenta para un desarrollo sustentable de esa actividad. Por ello, resulta imperativo enfocar los esfuerzos de investigación hacia caracterizar los patrones de aprovechamiento de dichos recursos vegetales, y analizar el efecto que están teniendo los patrones actuales de aprovechamiento. Es importante también, documentar técnicas eficientes de propagación y reforestación, para poder generar propuestas integrales de manejo.

En relación con el recurso hídrico, es también necesario el desarrollo de investigación enfocada a entender el flujo de los vitales afluentes, para tener bases sólidas al momento de plantear acciones de conservación y protección de cuencas, como la del Balsas, del lago de Cuitzeo y del lago de Chapala (Illsley *et al.* 2007), así como algunas microcuencas que albergan a las múltiples localidades dentro de los 29 municipios productores de mezcal. Dichas cuencas, además de proveer agua para la elaboración de mezcal son vitales para el flujo y mantenimiento de muchos procesos de los ecosistemas.

REFERENCIAS

Delgado-Lemus, A. 2008. *Aprovechamiento y disponibilidad espacial de Agave potatorum en San Luis Atolotitlán, Puebla, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, Morelia.

Torres-García, I. y A.M. Delgado-Lemus. 2019. Recursos naturales para la producción tradicional de mezcal: más allá de los agaves. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 179-180.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Illsley, C., E. Vega, I. Pisanty *et al.* 2007. Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México. En: *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves.* P. Colunga-García Marín, L. Eguiarte, A. Larqué y D. Zizumbo-Villarreal (eds.). CICY-CONACYT-CONABIO-INE, México, pp. 319-338.

Torres, I., A. Casas, A. Delgado-Lemus y S. Rangel-Landa. 2013. Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas* 15.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en dos localidades del municipio de Morelia

MARÍA DEL PILAR ANGÓN TORRES Y MARLENE GÓMEZ PERALTA

INTRODUCCIÓN

La presente contribución es parte de un proyecto realizado en poblaciones de las sierras altas de la cuenca de Cuitzeo, en las localidades de Jesús del Monte y San Miguel del Monte, al sureste de la ciudad de Morelia (a una distancia de 7 y 14 km, respectivamente). Ahí se utilizan cotidianamente los recursos forestales no maderables (RFNM) como una forma de sobrevivencia ante la falta de otros medios de vida y de servicios médicos.

Durante el periodo 2003-2005 se llevó a cabo el proyecto Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en las sierras altas de la cuenca de Cuitzeo (Angón-Torres y Gómez-Peralta 2005), financiado dentro del programa SIMORELOS de CONACYT en convenio con la Universidad Autónoma Chapingo, en el que se registraron diferentes usos de los RFNM (comestibles, medicinales, ornato, construcción, jardinería etc.), su destino (consumo, venta o ambas), lugares, precios y unidades de venta.

Para profundizar en las formas de aprovechamiento familiar y su impacto ambiental, se aplicaron encuestas socioeconómicas en unidades domésticas y se realizaron recorridos con los usuarios, y mediciones en los lugares de extracción para determinar sus repercusiones e impacto ecológico. En el cuadro 1 se presentan las características sociales de las localidades mencionadas.

CUADRO 1. Características sociales y económicas de las poblaciones de Jesús del Monte y San Miguel del Monte, Morelia.

	Jesús del Monte	San Miguel del Monte
Habitantes	2 665	662
Menores de 18 años	40%	55%
Ocupación y porcentaje de habitantes con más de una ocupación	65% dos actividades: peón-campesino, campesino-tabiquera, albañil campesino; 14% tres actividades: la tercera relacionada con la explotación de un RFNM, la más frecuente leñador	76% dos actividades: campesino-leñador, resinero-campesino; 39% hasta tres actividades: peón-campesino-leñador, resinero-campesino-leñador; en un caso tres extractivas: carbonero-leñador-resinero; el 54% ingresos por resina, único recurso con mercado formal y transformación industrial
Población con parcelas	14% agrícola	46% agrícola y forestal
Actividades de traspatio	60%	83%
Población sin drenaje	25%	73%
Población sin agua entubada	11%	12%
Población sin electricidad	3%	11%
Porcentaje de número de ingestas al día	83% tres veces	50% dos veces
Población sin servicio médico	17%	80%
Porcentaje de familias por debajo de la línea de pobreza	50%	80%
Familias que aprovechan RFNM	73% leña-consumo, 58% hongos, 73% nopales, 50% tierra de encino, 3% tierra polvilla	93% leña-consumo, de ellos 10% también lo destina a la venta; 78% nopales, 73% hongos 63% tierra de encino (consumo y venta), 10% polvilla, venta

Fuente: elaboración propia.

Angón-Torres, M.P. y M. Gómez-Peralta. 2019. Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en dos localidades del municipio de Morelia. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 181-186.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

APROVECHAMIENTO DE LOS RFNM

Sobre el impacto ecológico del aprovechamiento de los RFNM, en los alrededores de Morelia se identificaron las áreas de recolección-extracción. De estos recursos, 94% son de origen biótico y 6% abiótico. Los bióticos se encuentran representados por 59 especies (43 de flora, ocho de hongos y ocho de fauna), los más importantes en cuanto a número de especies utilizadas son las plantas medicinales y las de ornato (21 y 12 especies, respectivamente). En el cuadro 2 se presentan los diferentes recursos y se indica su situación de conservación, de acuerdo con la norma oficial NOM-059-SEMARNAT-2010. Los recursos abióticos están representados por la tierra de encino o pudrición, tierra polvilla, tierra charanda y tierra para pisos y fogones, comúnmente llamada tepetate por los lugareños.

Del total de recursos, los más importantes por su frecuencia de uso o intensidad de aprovechamiento son los ornamentales, con 12 especies de plantas (destacando los musgos *Bryum procerum* y *Mirinia ehrenbergiana*; figura 1), dos especies de aves, los jilgueros (*Myadestes occidentalis*) y el huitlacoche (*Toxostoma curvirostre*) y los aprovechados con fines de construcción y jardinería (tierra de encino y tierra polvilla).

CUADRO 2. RFNM bióticos utilizados en las poblaciones de Jesús del Monte y San Miguel del Monte, municipio de Morelia.

Grupo	Nombre común	Nombre científico	Principales usos	Venta (V)/ Autoconsumo (A)
Flora	Madroño, panenque	*Arbutus glandulosa*	Alimento para aves, combustible	V y A
	Estafiate	*Artemisia ludoviciana* subsp. *mexicana*	Medicinal	A y V
	Jara	*Baccharis heterophylla*	Combustible	A y V
	Caracuata	*B. pteronioides*	Medicinal	A
	Flor de San Juan	*Bouvardia longiflora*	Comestible, ornamental	A y V
	Musgo, cáscara	*Braunia* sp.	Ornamental, nacimientos	V
	Musgo, gusano	*Bryum procerum*	Ornamental, nacimientos	V
	Zapotillo	*Cestrum thrysoideum*	Alimento para aves	V
	Variador	*Cornus disciflora*	Combustible	A y V
	Tejocote	*Crataegus pubescens*	Comestible, medicinal	A
	Flor de la calavera	*Cuphea aequipetala*	Medicinal	A
	Cola de caballo	*Equisetum hiemale*	Medicinal	A y V
	Palma	*Erythea pimo*	Ornamental, palma de semana santa	V
	Hierba del sapo	*Eryngium* sp.	Medicinal	A
	Hierba del zopilote	*Eupatorium glabratum*	Medicinal	A y V
	Flor del hielo	*Gentiana spathacea*	Medicinal	A y V
	Gordolobo	*Gnaphalium* spp.	Medicinal	A y V
	Azucena, orquídea	*Govenia liliacea*	Ornamental	V
	Árnica	*Heterotheca inuloides*	Medicinal	A y V
	Musgo, palmilla	*Hypnum amabile*	Ornamental, nacimientos	V
	Salvia	*Lepechinia caulescens*	Medicinal	A
	Salvia real	*Lippia umbellata*	Medicinal	A
	Laurel	*Litsea glaucescens*[1]	Condimento	A y V
	Espinosilla	*Loeselia mexicana*	Medicinal	A y V
	Malva, quesitos	*Malva parviflora*	Medicinal	A
	Estrellitas	*Milla biflora*	Ornamental	A
	Musgo, gusano	*Mironia ehrenbergiana*	Ornamental, nacimientos	V

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Grupo	Nombre común	Nombre científico	Principales usos	Venta (V)/ Autoconsumo (A)
Flora	Nopal	*Opuntia velutina*	Comestible	A y V
	Piñas de pino, cant-zimbo	*Pinus douglasiana*	Ornamental	V
	Leña de pino	*Pinus* spp.	Combustible	A y V
	Capulín	*Prunus serotina* subsp. *capuli*	Comestible, medicinal	A y V
	Panchicua, agallas de encino	*Quercus* spp.	Comestible	A
	Leña y carbón de encino	*Quercus* spp.	Combustible	A y V
	Zarza	*Rubus* spp.	Comestible	A y V
	Mirtillo de monte	*Salvia dichlamis*	Medicinal	A
	Yerba mora	*Solanum nigrescens*	Medicinal	A
	Zarzaparrilla	*Smilax moranensis*	Medicinal	A y V
	Changungo	*Stirax argenteus* var. *hintonii*	Combustible	A y V
	Santa María	*Tagetes lucida*	Medicinal	A
	Retama	*Tecoma stans*	Medicinal	A y V
	Tila, trompillo	*Ternstroemia pringlei*	Medicinal	A y V
	Musgo, plumilla	*Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*	Ornamental, nacimientos	V
	Gallitos	*Tillandsia prodigiosa*	Ornamental, nacimiento, altares	V
	Vara de Carindapaz	*Viburnum elatum*	Ornamental, coronas de muerto	A y V
Hongos	Codorniz	*Agaricus augustus*[2]	Comestible	A
	Hongo de llano	*A. campestris*	Comestible	A y V
	Amarillo, Santiago	*Amanita caesarea*	Comestible	A y V
	Hongo de venado	*A. vaginata*	Comestible	A
	Pataratas	*Calvatia cyathiformis*	Comestible	A
	Tejamanil, Santa María	*Higrophoropsis aurantiaca*	Comestible	A
	Hongo azul	*Lactarius indigo*	Comestible	A
	Trompa	*Hypomyces lactifluorum*	Comestible	A y V
Fauna	Víbora de cascabel	*Crotalus* spp.	Medicinal	A y V
	Huitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	Ornato	V
	Marzeño, pájaro de mayo, silguero, jilguero	*Myadestes occidentalis*[3]	Ornato	V
	Armadillo	*Dasypus novemcinctus mexicanus*	Medicinal y comestible	A y V
	Tlacuache	*Didelphis virginiana californica*	Medicinal y comestible	A y V
	Zorrillo	*Mephitis macroura*	Medicinal	A
	Ardilla	*Sciurus aureogaster*	Comestible	A
	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	Comestible	A

Las dos comunidades tienen la misma zona de aprovechamiento de los RFNM. [1]En peligro de extinción, [2]amenazada, [3]sujeta a protección especial (SEMARNAT 2010).
Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Habitantes de San Miguel del Monte con costales de musgo para venta. Foto: Marlene Gómez-Peralta.

En cuanto a los recursos comestibles para el ser humano, se registraron 17 especies: ocho hongos, los más importantes son el hongo amarillo o Santiago (*Amanita caesarea*) y los llamados trompas (*Hypomyces lactiflourum*) y nueve especies de plantas, destacando el nopal (*Opuntia velutina*; figura 2); mientras que los recursos para alimentar aves domésticas son el madroño o panenque (*Arbutus glandulosa*) y el zapotillo (*Cestrum thrysoideum*).

Entre los recursos con fines medicinales se registraron 21 especies de plantas, entre los que destaca la tila o trompiño (*Ternstroemia pringlei*; figura 3) y cuatro especies de fauna: víboras de cascabel (*Crotalus* spp.), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*) y zorrillo (*Mephitis macroura*). Finalmente, con seis especies reportadas están los recursos que son utilizados como combustibles (leña y carbón).

IMPACTOS ECOLÓGICOS POTENCIALES

El desconocimiento de las formas en que la población utiliza los RFNM y de las funciones que cada uno de esos recursos desempeña en su entorno ecológico,

FIGURA 2. Recolección de nopal. Foto: María del Pilar Angón-Torres.

FIGURA 3. Secado de tila para venta. Foto: Marlene Gómez-Peralta.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

hace que algunos, como la tierra y el musgo, se estén perdiendo y que otros se desaprovechen, como los frutos silvestres. La baja productividad de actividades agrícolas y el deterioro de ingresos ha obligado a los pobladores a intensificar la extracción de RFNM para el autoconsumo y la venta. Un aspecto alarmante de la zona es la modificación drástica del uso del suelo de los últimos 20 años; debido al proceso de urbanización se han perdido de manera dramática muchos de los RFNM y, con ello, ciertas formas de sobrevivencia de la población más pobre.

Los habitantes más necesitados de esas comunidades, sin posesión de tierra y excluidos de la estructura ocupacional de mayor remuneración, emprenden estrategias de sobrevivencia para aumentar y enriquecer su ingesta e incrementar sus ingresos monetarios, diversificando sus actividades por medio de la utilización de su recurso mayoritario: fuerza de trabajo y división del trabajo familiar, para así cubrir sus necesidades más apremiantes.

Una de las primeras acciones a implementar es aumentar el número de personas incorporadas al mercado laboral de baja calificación (jornaleros, albañiles, trabajadores domésticos (jefe de familia hijos e hijas adolescentes), establecer actividades de traspatio (cría de gallinas, puercos, plantas medicinales entre otras); hacer uso del entorno ecológico (recolección de leña, hongos, nopales, frutos silvestres, flores, tierra de encino, entre otros) para consumo directo o para venta, tareas realizadas generalmente por mujeres y niños.

CONCLUSIONES

A pesar de que las dos comunidades estudiadas utilizan la misma área para la recolección de la mayoría de los RFNM, se encontraron algunas diferencias. San Miguel del Monte, localidad más adentrada en el bosque y con mayor grado de marginación, depende más de la extracción de RFNM, 100% de las familias extraen o recolectan alguno de ellos, en promedio 6.5 RFNM por familia; el de mayor importancia es la resina, 54% de los hogares reciben ingresos de su extracción, única actividad que tiene un mercado formal. Las pocas oportunidades de trabajo y la marginación social en que viven, permite plantear la existencia de una relación directa entre marginación y extracción.

En el caso de la población de Jesús del Monte, a 7 km de Morelia, con mayores oportunidades de empleo, sólo 76% de las familias recurre al acopio, que en promedio es de 4.3 RFNM, siendo la leña la más recolectada.

Todos estos recursos son susceptibles de ser aprovechados de una mejor manera si se incorporaran al manejo integral del bosque. No obstante, al ser subestimados por los dueños del monte y utilizados como bienes comunes por habitantes depauperados, que les encuentran alguna forma de uso ante su necesidad de subsistencia, origina que sean vendidos a precios muy bajos y no se pague el esfuerzo de las personas en la labor de recolección, y mucho menos el costo ecológico de la extracción. En este sentido es importante implementar proyectos productivos alternativos que conduzcan a conservar las zonas arboladas y recuperar los saberes tradicionales; es decir, conocer y sistematizar el conocimiento popular, ofrecer alternativas económicas a la población rural y así mejorar la calidad de vida de sus habitantes sin agotar el recurso, estimulando su conservación bajo su responsabilidad y cuidado.

También es importante revalorar los servicios ambientales que brinda el bosque. Para algunos recursos es necesario asumir medidas para modificar las formas de aprovechamiento, por ejemplo, el musgo es tratado como producto desechable, tanto por el consumidor que lo tira cuando quita el nacimiento de Navidad, como por el comercializador al final de la temporada navideña. De acuerdo con Gómez Peralta,[1] a la Ciudad de México llegan los grandes extractores comercializadores de este producto en camiones provenientes del oriente de Michoacán y de la parte contigua del Estado de México, quienes al final de la época de venta tiran a la basura todo aquel producto que no fue vendido, cuando se podría utilizar por la industria de la floristería como follaje y evitar así la salida de divisas por las importaciones de este material.[2]

En el caso de la tierra, hay un alto impacto en su extracción y no hay restauración ni vigilancia por parte de las autoridades encargadas de la protección al ambiente y de los propietarios del bosque.

Es necesario el conocimiento y respeto de las relaciones ecológicas que existen entre todos estos recursos, así como crear fondos para profundizar en la investigación y efectuar medidas de restauración para iniciar un uso sostenible de los RFNM. Por otra parte, es importante realizar inventarios de las especies de las zonas boscosas, en esta época de globalización en que hay un interés por parte de los países desarrollados de apropiarse de los recursos naturales de los países en vías de desarrollo, evitar la biopiratería y fomentar la bioprospección. Se recomienda además promover la valoración de los servicios ambientales prestados por estos bosques al municipio de Morelia (captura de carbono, recarga de mantos freáticos, manejo de los hongos, entre otros); así como la generación de empleos verdes con remuneración digna

[1]Observación personal durante los meses de noviembre y diciembre de 2000.
[2]Almacenes de floristería importan follaje de musgo deshidratado de otros países (obs. per. 2002-2003).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que permitan la sobrevivencia de la población marginada. Además, es pertinente difundir el conocimiento acerca de la diversidad e importancia de otros RFNM con potencial aprovechable.

Para la fauna es importante que se establezcan normas para la extracción de animales silvestres no considerados en las leyes de caza y establecer monitoreos de poblaciones y programas que regulen la caza de especies menores, así como diseñar proyectos de reproducción de fauna nativa y orquídeas silvestres para la venta bajo el esquema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA).

Con respecto a la tierra de encino y tierra polvilla, es necesario que el municipio asuma el asunto, fomentando la realización de compostas con la basura orgánica de la ciudad, modificando las formas de mantener los jardines citadinos. Otra medida concreta para reducir el consumo de leña, que es muy alto en el medio rural, sería la introducción masiva de estufas Lorena, las cuales retienen por más tiempo el calor, contribuyen a la disminución del consumo de leña y evitan que las mujeres aspiren el humo que perjudica sus pulmones, con ello se logrará no sólo una mejora en la salud de las mujeres, sino una disminución en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, gases que contribuyen al calentamiento global.

Por otra parte, es importante que se apoye a la investigación para profundizar en el conocimiento de los RFNM y se puedan dar alternativas viables para solucionar la problemática de estos recursos. Finalmente, es necesario tomar medidas para frenar la expansión de la mancha urbana hacia las zonas boscosas y evitar el colapso ambiental de la ciudad.

REFERENCIAS

Angón Torres, M.P. y M. Gómez-Peralta. 2005. Sobrevivencia familiar y actividades extractivas en las sierras altas de la Cuenca de Cuitzeo. Proyecto: 20000303004. CONACYT/UACh, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La participación social en la conservación, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales

FRINÉ LÓPEZ MARTÍNEZ Y RAÚL RICARDO ZUBIETA HERNÁNDEZ

INTRODUCCIÓN

Las áreas naturales protegidas en México se caracterizan por estar habitadas. Hombres y mujeres campesinos, indígenas y mestizos, viven e interactúan entre sí y con su entorno natural, en ejidos, comunidades, pequeñas propiedades y colonias agrícolas; además, con los habitantes y el entorno de las comunidades y localidades propias de los asentamientos urbanos de las áreas rurales del país.

Gran parte de la biodiversidad en México se encuentra en los núcleos agrarios de la nación. El territorio de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), al norte de la sierra Chincua, comparte esta característica.

En este texto se describen algunas formas en que se organizan distintos sujetos sociales, así como las interrelaciones de hombres y mujeres de las áreas rurales en la RBMM para la conservación y manejo de los recursos naturales en las microcuencas Senguio y Tupátaro (subcuenca Arroyo Cavichi, cuenca Río Lerma-Toluca).

EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

Las microcuencas Senguio (9 623 ha) y Tupátaro (8 116 ha) se localizan entre las coordenadas 2°175′580″ N, 3°53′320″ E y 2°193′384″ N y 3°68′496″ E, en el municipio de Senguio, pero también en porciones de los municipios de Tlalpujahua, Maravatío, Angangueo y Áporo. La microcuenca Senguio ocupa 41.8% y la de Tupátaro 21.5% dentro de los límites de la RBMM. El área forma parte de la provincia fisiográfica del Sistema Neovolcánico Transversal y las altitudes van de 2 000 hasta 3 400 msnm, con pendientes de 0º hasta más de 40º. El paisaje de la reserva se compone principalmente por asociaciones de bosques templados: oyamel, oyamel-pino, pino, encino, cedro, arbustedas y pastizales (Espejo *et al.* 1992, Soto-Núñez y Vázquez-García 1993, CONANP 2001, Cornejo-Tenorio *et al.* 2003, Giménez *et al.* 2003). En la sierra Chincua se identificaron 211 especies de hongos (Díaz-Barriga 1995), y se reportaron dentro de la RBMM siete especies de anfibios (Gómez 1998, CONANP 2001), nueve especies de reptiles (Gómez 1998, CONANP 2001), 132 especies de

López Martínez, F. y R.R. Zubieta. 2019. La participación social en la conservación, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 187-196.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

aves (CONANP 2001) y 60 especies de mamíferos (Chávez 1999, CONANP 2001).

SUJETOS SOCIALES

Los datos que a continuación se ofrecen son parte del contexto de los sujetos sociales y las distintas maneras de organizarse. En los municipios de Senguio y Tlalpujahua más de 96% de su población vive en localidades rurales, y más de 58% de sus habitantes se encuentran en condiciones de pobreza moderada y extrema, además de que más del 57% de su población no cuenta con educación básica (cuadro 1).

FIGURA 1. Asamblea del ejido Chincua, en Senguio. Foto: Espacio Autónomo.

CUADRO 1. Indicadores básicos de población.

Municipio	Senguio	Tlalpujahua
Población total (habitantes)	18 427	27 587
Mujeres (%)	52.1	52.5
Hombres (%)	47.9	47.5
Pobreza moderada (%)	43.5	45.5
Pobreza extrema (%)	19.8	13.3
Población analfabeta (%)	13.5	10.7
No asiste a escuela (%)	6.1	5.4
Sin educación básica (%)	64.7	57.2
Loc. <100 habitantes (%)	43.6	14.1
Loc. 100-499 habitantes (%)	32.7	57.8
Loc. 500-1 499 habitantes (%)	20.0	25.0
Loc. 1 500-2 499 habitantes (%)	1.8	1.6
Loc. 2 500-4 999 habitantes (%)	—	1.6

Población analfabeta: población de 15 años o más que no sabe leer ni escribir. No asiste a escuela: población de 6-14 años que no asiste a la escuela. Sin educación básica: población mayor de 15 años sin escolaridad primaria terminada. Loc: localidades.
Fuente: elaboración propia a partir de cédulas de información municipal del Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP) de SEDESOL, elaboradas con base en el INEGI 2010.

En la microcuenca Senguio se ubican 16 ejidos, una propiedad estatal y una propiedad federal, varias pequeñas propiedades y la cabecera municipal de Senguio. En la microcuenca Tupátaro se localizan ocho ejidos y una propiedad federal, estos predios también comparten parte de su superficie con la microcuenca Senguio, con excepción del ejido Rosa Azul, que sólo se ubica en la microcuenca de Tupátaro.

Una parte de la población de las microcuencas Senguio y Tupátaro son sujetos agrarios. Según la actual Ley Agraria (SRA 1992), éstos se clasifican en hombres y mujeres que son ejidatarios, posesionarios y avecindados. Los ejidatarios tienen derechos agrarios, acceso a las instancias de toma de decisiones del ejido (asamblea ejidal), derecho a votar y a ser votados, son propietarios de parcelas agrícolas y reciben beneficios del aprovechamiento de las tierras de uso común, los bosques y el uso del agua. Los posesionarios tienen parcelas agrícolas y acceso a la asamblea ejidal, sin embargo, no pueden ser votados, también pueden recibir beneficios del manejo de las tierras de uso común, bosques y agua. Los avecindados son propietarios del solar donde se ubica su vivienda.

La principal forma de organización de los sujetos agrarios de Senguio y Tlalpujahua con predios dentro de la RBMM, es la asamblea ejidal y la mesa directiva del comisariado ejidal y del consejo de vigilancia; son las instancias más importantes dentro de los núcleos agrarios. En el cuadro 2 se muestran las estadísticas agrarias y la población de los principales núcleos agrarios ubicados en las microcuencas del área de intervención. Se puede observar que la superficie delimitada de 11 de 17 núcleos agrarios ubicados en las microcuencas Senguio y Tupátaro, abarca 12 866 ha, de las cuales más de 42.75% son tierras parceladas, y cerca de 50% tierras de uso común.

Para este estudio la población total está acotada a los 13 519 habitantes, correspondiente a los 11 núcleos agrarios. De esa población 18.25% son sujetos agrarios, 10.59% ejidatarios y posesionarios e intervienen en las decisiones en relación con los recursos naturales y sólo 6.83% de los ejidatarios de los 11 núcleos agrarios tienen derecho a ser elegidos como parte de la mesa directiva del ejido, y a decidir sobre el uso, conservación, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales y la biodiversidad en el marco del programa de manejo de la RBMM.

Conviene mencionar que el promedio de edad de los ejidatarios para Michoacán es de 60 años. Las microcuencas de Senguio y Tupátaro comparten este proceso

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Estadísticas agrarias de los ejidos distribuidos en las microcuencas Senguio y Tupátaro.

Ejido	Superficie (ha)				PT	E	Po	Ave	TSA	PT/TSA	PT/E
	D	P	UC	AH						(%)	(%)
Chincua[1]	978.6	303.4	663.9	11.2	1,208	86	196	50	332	27.48	7.12
El Calabozo 1ª Fracción[1]	877.1	457.7	419.4	0.0	457	39	65	0	104	22.76	8.53
El Calabozo 2ª Fracción[1]	945.4	0.0	0.0	0.0	551	37	84	0	121	21.96	6.72
Huerta[1]	623.5	363.4	230.3	29.8	860	36	23	41	100	11.63	4.19
José María Morelos[1]	1 961.7	1 534.7	427.0	0.0	1 428	155	221	0	376	26.33	10.85
Manzana de Carindapaz[1]	381.9	70.8	311.1	0.0	411	23	0	0	23	5.60	5.60
Rosa Azul[1]	492.5	118.0	373.2	1.3	436	55	23	1	79	18.12	12.61
Senguio[1]	1 368.2	200.1	1 106.9	61.2	2 838	40	27	0	67	2.36	1.41
Tupátaro[1]	1 638.1	984.3	653.8	0.0	2 617	153	311	0	464	17.73	5.85
San Francisco de los Reyes[2]	2 376.0	1 232.6	1 137.2	6.2	1 429	188	359	6	553	38.70	13.16
San José Corrales[2]	1 223.0	235.9	960.2	27.0	1 284	111	122	15	248	19.31	8.64
Total	**12 866.0**	**5 500.9**	**6 283.0**	**136.7**	**13 519**	**923**	**1 431**	**113**	**2 467**	**18.25**	**6.83**

[1]Senguio, [2]Tlalpujahua. D: delimitada, P: parcelada, UC: uso común, AH: asentamientos humanos, E: ejidatarios, Po: posesionarios, Ave: avecindados, TSA: total de sujetos agrarios, PT: población total.
Fuente: elaboración propia a partir de datos de PA 2011 y estimaciones de la CONAPO con base en el INEGI 2010.

muy generalizado en el país, conocido como envejecimiento ejidal. Asimismo, muchos jóvenes migran a otras ciudades, como la Ciudad de México, incluso a Estados Unidos, aunque en menor medida en los últimos años; también se observa que la gente de las comunidades sale a trabajar a municipios vecinos en el día y regresan a dormir a sus casas (migración pendular).

USO DE LOS RECURSOS NATURALES POR LOS SUJETOS SOCIALES

Los principales usos de las tierras, observados en la zona de influencia y en parte de la zona de amortiguamiento de la RBMM, son la agricultura, la ganadería, los aprovechamientos forestales, la recolección de hongos en la temporada de lluvias, la cría de truchas y el turismo en torno a la mariposa monarca.

Uso en la microcuenca Senguio y Tupátaro

En 2009 la asociación civil Espacio Autónomo realizó una investigación sobre estrategias de vida campesinas y en 2010 un diagnóstico sobre el uso de los recursos naturales en la microcuenca Senguio. El objetivo del diagnóstico, entre otros, fue identificar el conocimiento y uso de plantas, hongos y animales silvestres de los bosques y montes de la región (EA 2010).

De las personas que respondieron los cuestionarios, 97% reportaron conocer al menos una planta o fruto silvestre comestible y 84% señaló consumirlo al menos de vez en cuando. Un porcentaje igual manifestó conocer plantas o frutos con usos medicinales. 98% dijo conocer al menos un hongo comestible y 83% que lo consume ocasionalmente. Algo similar ocurre con animales o insectos comestibles, ya que 97% de los entrevistados conoce alguno y hasta 69% lo ha consumido algunas veces. De los entrevistados 87% conoce animales, insectos o productos derivados de éstos con propiedades medicinales (EA 2010).

En el diagnóstico también se refleja el uso de otros recursos como la madera, principalmente la leña, pero en especial el agua que a través de los manantiales y ríos representan una importante fuente de suministro del líquido. El uso de leña como combustible para cocinar sigue siendo muy importante en la mayoría de los ejidos del área de intervención, ya que su uso es frecuente, ya sea de manera combinada con gas (64%) o sólo el uso de leña (21%). Un 14% de la leña proviene de madera de encino, 4% de pino, pero 9% proviene de otras especies entre las cuales se identificaron hasta 18.

En relación al agua, 51% de los entrevistados la recibe de la red de agua potable, y 29% la obtiene de otras fuentes, principalmente de manantiales. Pero si se considera que la red pública de agua potable se alimenta principalmente de manantiales en la zona alta boscosa, y

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de pozos alimentados del agua capturada también por el suelo y la vegetación; el agua resulta ser uno de los recursos fundamentales que los bosques de la región proveen.

Cambio en las cubiertas vegetales y en el uso del suelo

El uso irracional de los recursos naturales para el desarrollo de las actividades humanas suele impactar negativamente la integridad de los mismos. Para evaluar el estado y la dinámica de cambio de las cubiertas vegetales en el área de interés, se retomó un análisis para cuatro periodos: 1986-1993, 1993-2000, 2000-2003 y 2003-2006. Se pudo identificar que los procesos de cambio en una misma cobertura vegetal, como la degradación y la recuperación, han predominado sobre aquéllos que implican el cambio en el uso del suelo o cambio de cobertura del terreno, como la deforestación, la revegetación y el crecimiento urbano. El periodo en el cual se presentó el mayor grado de degradación fue 2000-2003, alcanzando 2.1% de la superficie de la microcuenca, aunque es el proceso más sostenido a lo largo de los diferentes periodos y que ha ocurrido en una superficie mayor. La recuperación, en cambio, tuvo un avance importante durante el primer periodo analizado, cayendo notoriamente (cuadro 3).

DEGRADACIÓN DE SUELOS

Tanto en la microcuenca Senguio como en la de Tupátaro se han identificado casos severos de erosión. El área de mayor extensión con presencia de cárcavas alcanza las 93.4 ha, de éstas 71.3 están concentradas en un sólo polígono. En éste se encontraron cárcavas de más de 20 m de profundidad. Una segunda área con extensas cárcavas alcanza las 65 ha. En ambos casos, el terreno presenta pendientes de hasta 35° y corresponden a suelos de tipo Luvisol, los cuales en condiciones de fuertes pendientes son susceptibles a erosionarse (Ramírez 2001). Los datos corresponden a sitios que presentan grados de erosión y degradación de suelos más severos. Aún faltaría cuantificar sitios con otros tipos de erosión menos evidente (EA 2010).

Aprovechamiento del agua y monitoreo de su calidad

El uso de los recursos hídricos es primordial para el abastecimiento de agua dulce en las comunidades y localidades de los ejidos. Se identificó como parte de la problemática su poca disponibilidad y, paradójicamente, en algunos casos el desperdicio de la misma. Además, a través del monitoreo comunitario del agua (figura 2), que Espacio Autónomo y los grupos comunitarios de monitoreo realizan desde 2011 y hasta la fecha, se ha detectado contaminación bacteriológica en algunos cauces, sobre todo en los más cercanos a los asentamientos humanos que se localizan en las microcuencas (EA 2013*b*, 2015).

Aprovechamiento forestal por los núcleos agrarios

Se ha observado que los aprovechamientos de los núcleos agrarios con programas de manejo y permisos forestales autorizados se realizan de forma regular sin la intervención de la gente de los ejidos, quienes venden su arbolado en pie y generalmente rentan sus bosques a los compradores de la región. Los dueños de los terrenos tienen poco conocimiento de las prácticas silvícolas y de la extracción forestal; el envejecimiento ejidal en la región es uno de los motivos por los cuales la mayoría de las personas de los ejidos no participan en dichos trabajos. La madera la venden en millares en lugar de metros cúbicos. En general la población local desconoce el proceso de extracción forestal, la cubicación y la documentación de los productos forestales, el diseño o mantenimiento de los caminos forestales, el programa de manejo forestal, entre otros aspectos que no conocen. Los beneficios que reciben los ejidatarios y posesionarios se ven limitados al derecho de monte, por la venta de arbolado en pie. Asimismo, el potencial que significa la creación de empleos rurales para los jóvenes durante la extracción forestal se pierde.

CUADRO 3. Periodos en los que se identificaron cambios de superficie (%) en la vegetación y uso del suelo en la microcuenca.

Proceso	1986-1993	1993-2000	2000-2003	2003-2006
Perturbación	1.5	1.6	2.1	0.7
Deforestación	0.0	0.0	0.3	0.1
Recuperación	4.5	1.1	0.1	0.4
Revegetación	0.1	0.1	0.0	0.1
Crecimiento urbano	0.0	0.1	0.0	0.0

Fuente: elaboración propia a partir de datos de FIRCO-SAGARPA 2005, Ramírez *et al.* 2008.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Monitoreo comunitario del agua, grupo de Senguio, sitio Los Filtros. Foto: Espacio Autónomo.

ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN DE LOS SUJETOS SOCIALES EN LA CONSERVACIÓN, APROVECHAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE SUS RECURSOS NATURALES

En las microcuencas Senguio y Tupátaro se han asesorado diversos procesos sociales en el manejo de los recursos naturales, tales como la participación de los representantes de los núcleos agrarios dentro de la RBMM, la organización en torno al abastecimiento de agua dulce, el saneamiento y el tratamiento de aguas residuales en los hogares, la construcción de ecotecnias, el conocimiento del estado de las aguas superficiales a través del monitoreo comunitario del agua, el fortalecimiento de la participación de las comunidades en acciones de conservación de sus recursos naturales y el incremento de sus capacidades en esta materia.

Organización

Consejos microrregionales. Con el objetivo de fortalecer y fomentar la participación social en la microrregión norte de la RBMM, así como robustecer las acciones que realizan los ejidos en materia de conservación, manejo y aprovechamiento alternativo de los recursos naturales, se constituyó en 2011 el Consejo Microrregional (CMR) Senguio-Tlalpujahua (figura 3). Esta iniciativa fue por parte de la Dirección de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (DRBMM). El Consejo es una instancia de organización microrregional y regional *ad hoc* a la reserva, para la identificación de problemas comunes entre los ejidos y la búsqueda de soluciones y alternativas, para lo cual cuenta con un diagnóstico participativo, una agenda microrregional y su plan de acción. Se realizaron reuniones de seguimiento y trabajo. El Consejo está articulado con el Consejo Asesor de la Reserva y con la DRBMM, por lo cual se eligieron dos representantes que forman parte del Consejo Asesor. Además, fue elegido uno de los representantes ejidales del CMR para formar parte del Comité Técnico del Fideicomiso Fondo Monarca.

Este esquema de organización ha sido una plataforma para la participación de los ejidos en el diseño del nuevo programa de manejo de la DRBMM –a pesar de las limitaciones de la participación– para robustecer las acciones que realizan los ejidos en materia de conservación, manejo y aprovechamiento diversificado de los recursos naturales, así como para el incremento de capacidades sobre estos mismos temas. Espacio Autónomo estuvo a cargo de la organización y seguimiento del Consejo Microrregional durante 2011 y 2012, al cabo de los cuales la DRBMM tomó el proceso en su totalidad (EA 2012, 2013*a*).

Comités de agua pluvial y saneamiento. Desde 2008 se formaron comités de agua pluvial (ya en 2014 se agregó el de saneamiento), desde entonces existe el programa de abastecimiento de agua dulce con tecnologías apropiadas (figura 4). Se han constituido comités de agua pluvial y saneamiento en más de 25 comunidades y localidades en tres municipios: Senguio y Tlalpujahua, en Michoacán y San José del Rincón, Estado de México, en la llamada Región Monarca. La finalidad de los

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Consejo Microrregional Senguio-Tlalpujahua 2011-2012. Foto: Espacio Autónomo.

comités es la organización de los trabajos y la participación de quienes se benefician con la construcción de las ecotecnias.

De 2011 a la fecha se han construido, con la asesoría técnica de Espacio Autónomo, 77 cisternas de muro tipo capuchino de 11 m^3 y 28 cisternas de 20 m^3 para almacenar agua de lluvia por medio de sistemas domésticos de captación pluvial. También se construyeron 24 sanitarios secos, 13 lavaderos ecológicos y un humedal artificial con fosa séptica sellada para el tratamiento de aguas residuales grises y negras. La participación de las mujeres ha sido muy relevante en la construcción (figura 5), aceptación y adopción de nuevas tecnologías para suministrar agua dulce y no sobreexplotar los manantiales y los pozos (EA 2013*c*).

Grupos de monitores comunitarios del agua. Otro de los esfuerzos realizados en la microrregión ha sido el monitoreo comunitario del agua (MCA; figura 6). Éste inició en julio de 2011 en colaboración con otras organizaciones, como el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la UNAM y la DRBMM. Estas relaciones de colaboración llevaron ese mismo año a integrar la Red de Monitoreo Comunitario del Agua (RMCA).

El monitoreo tiene como objetivo que las comunidades conozcan la calidad del agua de sus ríos y arroyos, de los cuales se abastecen en sus hogares. También busca promover la conservación y el conocimiento sobre el estado de salud de estos afluentes. El MCA se ha realizado utilizando el método de Global Water Watch (GWW) con el cual de forma sistemática se ha recopilado información sobre parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la calidad del agua en cinco sitios de ríos y arroyos de la microcuenca Senguio.

Esto representa otro escenario para la organización social, porque para su funcionamiento se conforman y capacitan grupos de monitores, los cuales han estado

FIGURA 4. Comité de Agua Pluvial, ejido San Francisco de los Reyes, municipio de Tlalpujahua. Foto: Espacio Autónomo.

FIGURA 5. Construcción de ecotecnias en el ejido Senguio. Foto: Espacio Autónomo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 6. Grupo Monitoreo Comunitario del Agua (MCA) Los Ailes, sitio Los Ailes, municipio de Senguio. Foto: Espacio Autónomo.

sujetos a recambios continuos de sus integrantes. Sin embargo, se ha buscado revertir esta situación incorporando beneficiarios del programa de abastecimiento de agua dulce y saneamiento de Espacio Autónomo, para que puedan cumplir con algunos de los compromisos contraídos para trabajar a favor de la conservación de los recursos naturales en sus ejidos o localidades.

Reforestaciones y brechas cortafuego con los núcleos agrarios

En las microcuencas hidrológicas Senguio y Tupátaro, entre 2009 y 2012, junto con las respectivas mesas directivas de los núcleos agrarios y pequeñas propiedades se realizaron trabajos de reforestación en 73.8 hectáreas (figura 7). Asimismo, se implementaron trabajos de prevención de incendios forestales en ambas microcuencas, para lo cual se rehabilitaron 64.6 km de brechas cortafuego en diferentes parajes de cuatro ejidos (EA 2013*a*).

FIGURA 7. Reforestación, ejido San Francisco de los Reyes, Tlalpujahua. Foto: Espacio Autónomo.

Creación de capacidades y habilidades

Durante 2011 y 2012 se incrementaron las capacidades, aprovechando las plataformas de organización con las que se trabajó: el Consejo Microrregional, los comités de agua pluvial y saneamiento, y los grupos de monitoreo comunitario del agua.

En el marco de los CMR se impartió el curso básico para combatientes de incendios forestales. Participaron ejidos, comunidades indígenas y pequeñas propiedades de los municipios de San José del Rincón, Estado de México, y de Senguio y Tlalpujahua, de Michoacán. El objetivo fue proporcionar a los participantes el conocimiento del comportamiento del fuego, aplicable para actividades seguras y efectivas de manejo del fuego (incendios forestales y prescritos), y capacitar a nuevos combatientes con las habilidades básicas para combatir los incendios de manera segura (figura 8).

También se llevó a cabo un intercambio de experiencias y conocimientos en materia de manejo forestal comunitario, con la Unión de Ejidos Emiliano Zapata, en la localidad de Agua Bendita, municipio de Amanalco, Estado de México. Asistieron representantes de los CMR Senguio-Tlalpujahua y San José del Rincón. Las autoridades del ejido Rincón de Guadalupe explicaron la forma en la que trabajaban anteriormente y la nueva manera, la cual consiste en el manejo comunitario de sus bosques. Los representantes de ambos consejos fue-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 8. Brechas cortafuego, ejido Carindapaz, municipio de Senguio. Foto: Espacio Autónomo.

ron muy participativos y expusieron sus inquietudes sobre lo que podrían hacer en sus respectivos ejidos; sin embargo, también fueron evidentes sus expresiones sobre la falta de organización en sus comunidades para poder alcanzar esquemas de trabajo como con los que cuenta la Unión de Ejidos Emiliano Zapata.

Se organizaron tres talleres que fueron impartidos por un investigador del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES antes CIECO) de la UNAM y sus estudiantes. El primero fue el taller sobre Monitoreo de la sobrevivencia de reforestaciones. El segundo fue sobre Desarrollo de capacidades para el monitoreo de las acciones de reforestación en las microcuencas Senguio y Tupátaro.

Se identificó que la mayor parte de los ejidos reportaron que reforestan como consecuencia de un permiso de aprovechamiento forestal. Aunque los ejidos no reforestan de forma exclusiva a causa de los incentivos, reconocieron que de no haberlos difícilmente se involucrarían en labores de reforestación (figura 9). En cuanto a la organización coincidieron en que suele existir poca planeación para desarrollar las reforestaciones, y que a nivel de las asambleas ejidales no hay una comisión que se encargue de definir en dónde, cuándo y cómo se va a reforestar.

El tercer taller fue sobre Desarrollo de capacidades en el manejo integral del bosque en las microcuencas Senguio y Tupátaro y la microrregión Senguio-Tlalpujahua. El objetivo fue introducir a los participantes hacia el manejo integral comunitario del bosque e identificar mecanismos para la creación de comisiones al interior de las comunidades. Se identificaron las principales perturbaciones que experimentan los bosques, y cuáles pueden ser los mecanismos para manejar y solucionar la aparición de disturbios. Además, hubo coincidencia en que prácticamente todas las comunidades tenían experiencia en la prevención y combate de incendios forestales.

Sin embargo, se detectaron dos fuertes obstáculos para desarrollar el manejo forestal comunitario. El primero es la aparente desorganización hacia el interior de ejidos y comunidades. Para generar un manejo forestal comunitario es fundamental implementar actividades que faciliten los acuerdos internos y que el interés por el bosque permee en toda la comunidad y trascienda a la mesa directiva. El segundo obstáculo fueron los conflictos entre ejidos. Se identificó que a nivel de las microcuencas hay poca capacidad de colaboración entre

FIGURA 9. Sobrevivencia de reforestaciones, ejido Tupátaro, municipio de Senguio. Foto: Espacio Autónomo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ejidos y comunidades, en algunos casos incluso se han llegado a interacciones violentas, ya que algunos ejidatarios son los que hacen tala ilegal en los ejidos vecinos.

Con la construcción de ecotecnias se abrió otro importante espacio para el incremento de capacidades, porque al tratarse de un proceso de participación-acción y aprender haciendo, se impartieron, a cada comité de agua pluvial y saneamiento, talleres de temas como la importancia del agua y la construcción de los sistemas domésticos de captación pluvial para cisternas de muro tipo capuchino. Este consistió en una breve capacitación teórica inicial que se aplica y refuerza con la práctica, conforme avanza el proceso de construcción de las ecotecnias; cabe decir que incluso se han formado técnicos propios de la región, responsables de la asesoría en ecotecnias.

El monitoreo comunitario del agua ha representado otro medio para ampliar los horizontes de sus participantes. Si bien este monitoreo está diseñado para que cualquier miembro de la comunidad que sepa leer y escribir pueda realizarlo, requiere de un proceso de capacitación y formación inicial que se fortalece con los monitoreos realizados mes a mes. Esto se ha logrado a través de talleres de certificación y recertificación en el monitoreo comunitario de la calidad del agua, a cargo de integrantes de Global Water Watch México, pero también por medio de talleres de inducción en el monitoreo comunitario del agua, impartidos por Espacio Autónomo. Subsecuentemente, el acompañamiento continuo durante los monitoreos redondea estos esfuerzos de formación de monitores comunitarios.

Los resultados obtenidos en el diagnóstico de uso de los recursos naturales reflejaron que es amplio el conocimiento sobre los diferentes usos que hacen los pobladores de los ejidos.

Los procesos de organización interna en los núcleos agrarios, y de éstos entre sí, llevan tiempo y requieren de una atención e instancias adecuadas y sostenidas, así como de personas con capacidades y habilidades desarrolladas en ausencia de la materia y en conflictos agrarios-ambientales. La organización repercute negativamente en la participación social y en el desarrollo sostenible de las comunidades, de núcleos agrarios, de microrregiones y en la región de la mariposa monarca.

Las dos iniciativas de organización básica comunitaria para el logro de objetivos de procesos de participación-acción, en la construcción de las ecotecnias y de monitoreo de la calidad del agua, es un principio de autonomía que sería muy deseable fortalecer y articular entre los mismos comités y grupos de monitoreo, junto a las mesas directivas y asambleas de ejidos y pequeños propietarios, ya que son la base para el conocimiento, aprovechamiento, manejo, conservación y restauración de los recursos naturales y de la biodiversidad, desde la perspectiva de la igualdad sustantiva entre hombres y mujeres, en las microcuencas de Senguio y Tupátaro, subcuenca Arroyo Cavichi, cuenca Lerma-Toluca, en Michoacán, y las microcuencas San Joaquín Morelos, Arroyo Cavichi, Guarda de La Lagunita, Río Jaltepec, San Miguel Agua Bendita y Río Tilostoc, en San José del Rincón, Estado de México.

CONCLUSIONES

La toma de decisiones en Senguio y Tlalpujahua, con relación a la participación social en la conservación, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales, así como en el acceso a éstos, corresponde a un número reducido de la población total de dichos municipios y de los mismos núcleos agrarios al que pertenecen. Si bien las estadísticas de los núcleos agrarios no proporcionan datos diferenciados por sexo, en lo global éstas existen y muestran un número menor de mujeres ejidatarias, posesionarias o avecindadas, en proporción al número de hombres. Lo anterior genera relaciones diferenciadas entre los habitantes y entre hombres y mujeres de las comunidades, ejidos, pequeñas propiedades y localidades, sobre el uso y las amenazas a la biodiversidad que aún existen en las microcuencas mencionadas y en la microrregión Senguio-Tlalpujahua de la RBMM.

Se advierte que en general los jóvenes y las mujeres de los ejidos están insuficientemente incorporados a los espacios de toma de decisiones y a las actividades que se llevan a cabo en los ejidos.

REFERENCIAS

Chávez, O. 1999. *Mastofauna silvestre del municipio de Tuxpan, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2001. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. CONANP, México.

Cornejo-Tenorio, G., A. Casas, B. Farfán, J. Villaseñor y G. Ibarra-Manríquez. 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana 73:43-62.*

Díaz-Barriga, H. 1995. *Hongos macromicetos comestibles, venenosos, medicinales y destructores de la madera, de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, sierra Chincua, Michoacán, México.* Fundación Produce Michoacán, A.C./Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaría de Desarrollo Agropecuario/SAGARPA, México.

EA. Espacio Autónomo, A.C. 2010. *Diagnóstico de la microcuenca Senguio, sus recursos naturales y usos.* Informe preparado para el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Espacio Autónomo, A.C., México.

——. 2013*a*. *La participación social como componente de la conservación de los recursos naturales y el desarrollo en la zona norte de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Fase I y Fase II.* Informes del periodo 2012-2013

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

preparados para el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Espacio Autónomo, A.C., México.

——. 2013*b*. *Monitoreo comunitario del agua y ordenamiento territorial en la microcuenca Senguio*. Informes del periodo 2012-2013 preparados para el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Espacio Autónomo, A.C., México.

——. 2013*c*. *Sembrando esfuerzos y voluntades para el ordenamiento territorial, abastecimiento de agua dulce y cuidado de los ecosistemas de la microcuenca de Senguio, Michoacán*. Informes del periodo 2011-2013 preparados para la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA). Espacio Autónomo, A.C., México.

——. 2015. *Informe técnico de actividades julio-octubre de 2015 del proyecto Ecotecnias, monitoreo y restauración para el abastecimiento, tratamiento y conocimiento del agua dulce en las subcuencas*. Informe preparado para la Fundación Alfredo Harp Helú y la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA). Espacio Autónomo, A.C., México.

Espejo, A., J. Brunhuber, G. Segura y J. Ibarra. 1992. La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la sierra Chincua. *Tulane Studies in Zoology and Botany. Supplementary publication* 1:79-99.

FIRCO y SAGARPA. Fideicomiso de Riesgo Compartido y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2005. *Microcuencas hidrológicas del estado de Michoacán*. En proceso de validación por parte de la Comisión Intersecretarial del Estado de Michoacán. FIRCO/SAGARPA, México.

Giménez, J., I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa* 24:87-111.

Gómez, M. 1998. *Evaluación de la extracción comercial de musgo en la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca, sierra Chincua, Michoacán, México*. Tesis de maestría en ciencias en conservación y manejo de recursos. UMSNH, Morelia.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Censo de población y vivienda 2010. INEGI, México.

PA. Procuraduría Agraria. 2011. México Agrario en Cifras. Estadísticas Agrarias 2011. Procuraduría Agraria. Secretaría de la Reforma Agraria. En: *<http://www.pa.gob.mx/paweb/conoce_la_pa/publicaciones/estadisticas2010/inicio.swf>*, última consulta: 15 de noviembre de 2012.

Ramírez, M.I. 2001. *Los espacios forestales de la sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México), México. Una visión geográfica*. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.

Ramírez, M.I., R. Miranda y R. Zubieta. 2008. Vegetación y cubiertas del suelo, 2006 (1:75 000). Serie Cartográfica Monarca. Volumen I. Monarch Butterfly Sanctuary Foundation/CIGA-UNAM/Instituto Nacional de Ecología/The Man and the Biosphere Programme, México.

Soto-Núñez, J. y L. Vázquez-García. 1993. Vegetation types of Monarch Butterfly overwintering habitat in México. En: *Biology and conservation of the monarch butterfly*. S. Malcolm y M. Zaluki (eds.). Science papers núm. 38. Natural History Museum, EUA.

SRA. Secretaría de la Reforma Agraria. Presidencia de la República. 1992. Ley Agraria. Última reforma publicada el 9 de abril de 2012 en el DOF. Texto vigente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aprovechamiento no extractivo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los servicios ecosistémicos

FELIPE BARRAGÁN TORRES Y PATRICIA BALVANERA LEVY

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas ofrecen una serie de beneficios fundamentales para las sociedades humanas, a través de los organismos que los conforman, de los componentes abióticos y de las interacciones entre ellos. Estos beneficios se conocen como servicios ecosistémicos o ambientales (MA 2003, Balvanera y Cotler 2007) y se pueden clasificar en función de la manera en que brindan los beneficios a las sociedades (MA 2003, Maass *et al.* 2005): a) servicios de provisión, son todos los recursos obtenidos directamente de los ecosistemas; b) servicios de regulación, son los procesos que regulan las condiciones del ambiente en el que vive el ser humano; c) servicios culturales, son las experiencias y capacidades adquiridas derivadas de la interacción entre personas y ecosistemas; y d) servicios de sustento, son las funciones básicas que permiten la oferta de todos los otros servicios (MA 2005, Balvanera *et al.* 2009). En esta contribución sólo se tratan los servicios de provisión, regulación y culturales, de los cuales se cuenta con información suficiente para Michoacán (cuadro 1).

CUADRO 1. Tipos de servicios que generan los ecosistemas.

Provisión	Regulación	Culturales
Alimentos agrícolas	De la disponibilidad, calidad y temporalidad del agua	Ecoturismo
Alimentos pecuarios	De los impactos de eventos extremos	Contribuciones a la educación ambiental y científica
Alimentos pesqueros	De la polinización de cultivos agrícolas	Inspiración artística
Madera	De la calidad del suelo y de la erosión	Mantenimiento del conocimiento tradicional y la cosmovisión
Resinas	Climática	
Leña y carbón		
Agua		

Fuente: MA 2005, Balvanera *et al.* 2009.

Barragán, F. y P. Balvanera. 2019. Los servicios ecosistémicos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 199-225.

Conocer los servicios ecosistémicos y entender los factores y procesos (biofísicos y sociales) que contribuyen a su mantenimiento es fundamental para el diseño de políticas públicas que conduzcan hacia la sustentabilidad (Galán *et al.* 2013). Aquí se revisa la información disponible sobre cómo los ecosistemas de Michoacán ofrecen distintos tipos de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

servicios a la sociedad; con esa información se reflexiona acerca de en qué medida la oferta de servicios ambientales del estado satisface las necesidades de sus pobladores. Asimismo, se hace un análisis sobre la relación entre la biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos ya que, dependiendo del tipo de servicio, la magnitud de la afectación hacia la biodiversidad puede ser diferente.

SERVICIOS DE PROVISIÓN

Incluyen todos los recursos naturales que la sociedad puede apropiarse, aprovechar y consumir. Para Michoacán se pueden identificar los servicios derivados de la pesca, los productos forestales maderables y no maderables, el agua para consumo y los productos derivados de la agricultura y ganadería (cuadro 1).

Pesca

Michoacán cuenta con un litoral de aproximadamente 213 km y grandes extensiones de aguas continentales (lagos, presas, vasos y embalses), y ha sido considerado como uno de los principales productores dulceacuícolas del país. La producción pesquera ha disminuido 73% entre 1991 y 2011, mientras que el valor de ésta se ha mantenido casi constante (figura 1; CONAPESCA 2011,

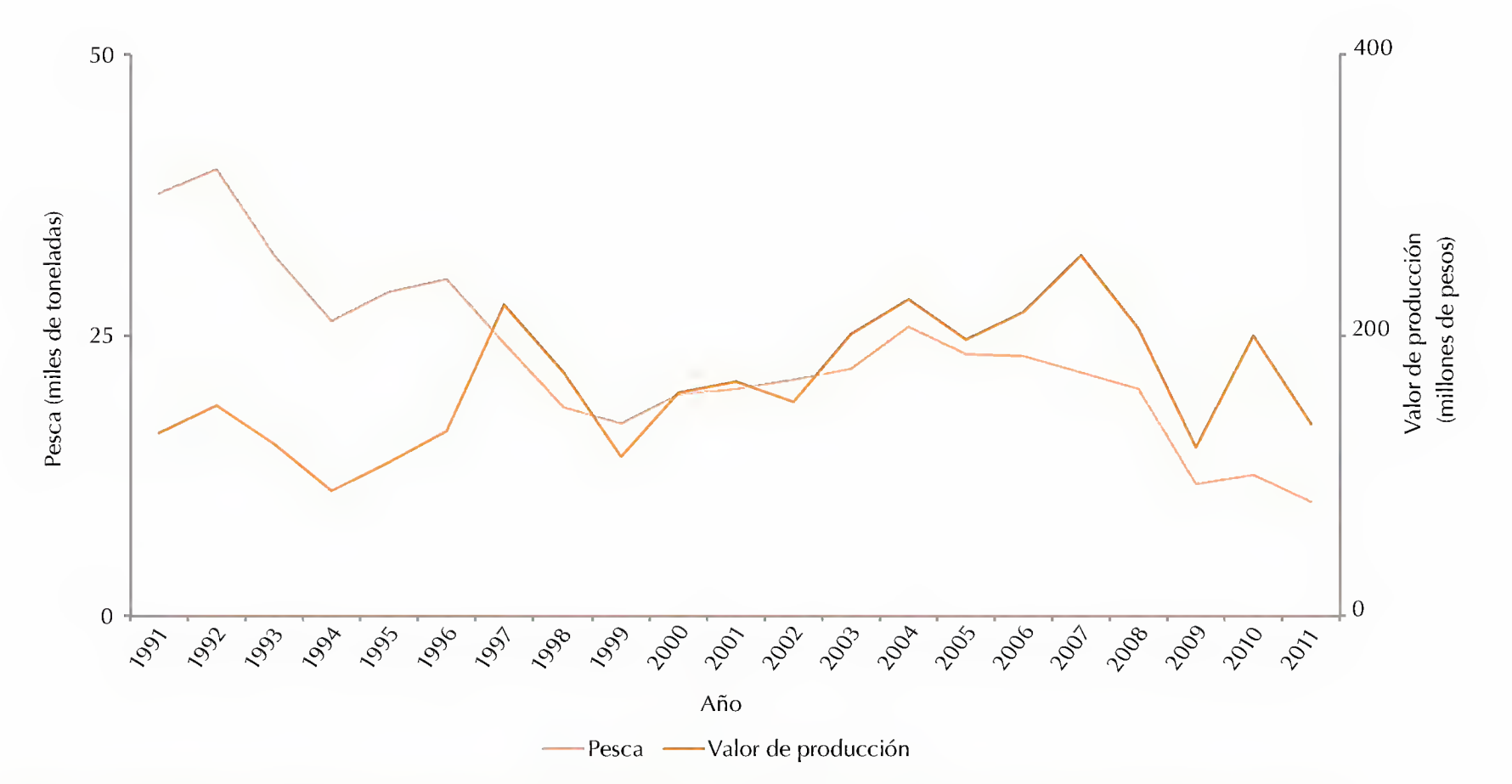


FIGURA 1. Producción pesquera y valor de la producción de 1991 a 2011. Fuente: CONAPESCA 2011, SAGARPA 2012.

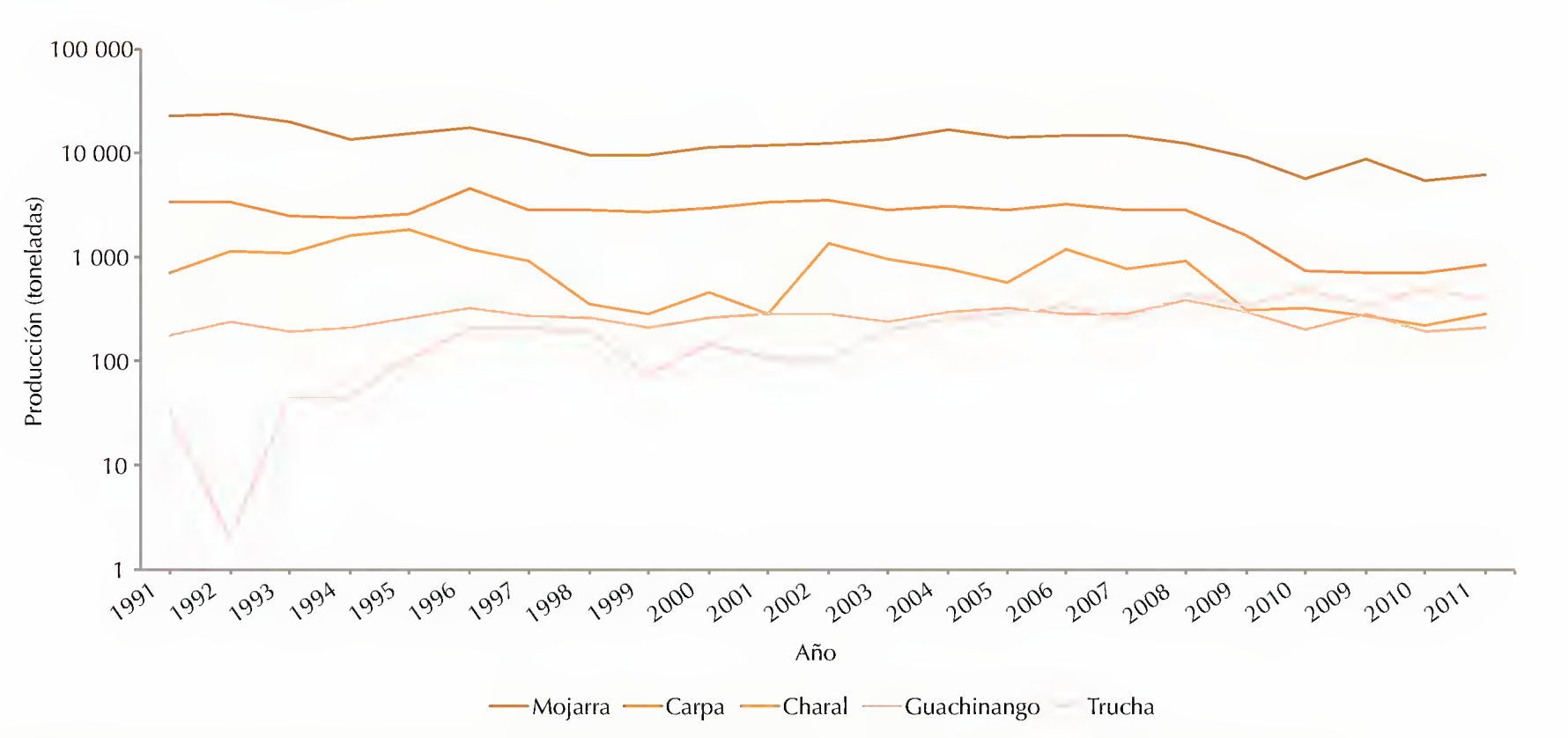


FIGURA 2. Recursos pesqueros de mayor producción de 1991 al 2011. Fuente: CONAPESCA 2011, SAGARPA 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

SAGARPA 2012); sin embargo, la producción de mojarra se redujo 27%, la carpa 26% y el charal 40% (figura 2).

Madera

Michoacán es el tercer estado con mayor producción de madera en el país (figura 3); sin embargo, se ha visto una clara tendencia a la baja, principalmente en la última década, reduciéndose en 66% para el 2011 con respecto al 2000 (figura 4). En cambio, el valor de la producción de madera se ha mantenido relativamente estable durante los 11 años que se reportan en este estudio (figura 5).

En la obtención de este servicio los ecosistemas templados contribuyen con el principal producto, que es la madera de pino. Los municipios con mayor superficie de aprovechamiento forestal son Salvador Escalante (26%), Hidalgo (10%), Tlazazalca (10%), Uruapan (7%), Purépero (6%) y Contepec (6%), ubicados en la provincia Sistema Volcánico Transversal, y en el municipio de Aguililla (11%), en la provincia de la Sierra Madre del Sur (figura 6); también se aprovecha el encino y el cedro, aunque en bajas proporciones (INEGI 2009).

La tala clandestina de madera es una actividad importante que no puede ser documentada a través de fuentes gubernamentales; lo poco que se sabe por operativos en los municipios de Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana, es que para 2008 se decomisaron cerca de 443 m³ de madera en rollo (PROFEPA 2008).

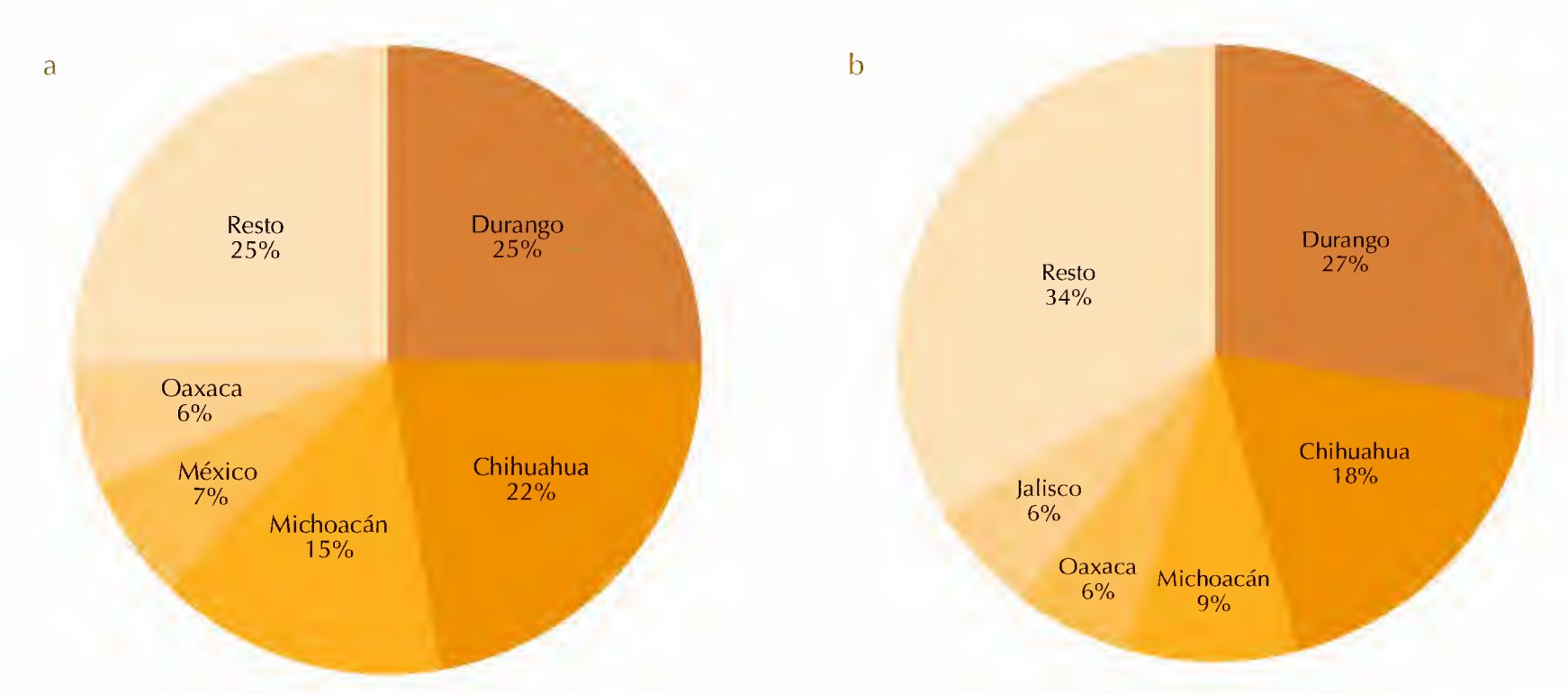


FIGURA 3. Ubicación de Michoacán entre los cinco estados de mayor producción de madera en el país: a) 2000, b) 2011. Fuente: SEMARNAT 2011.

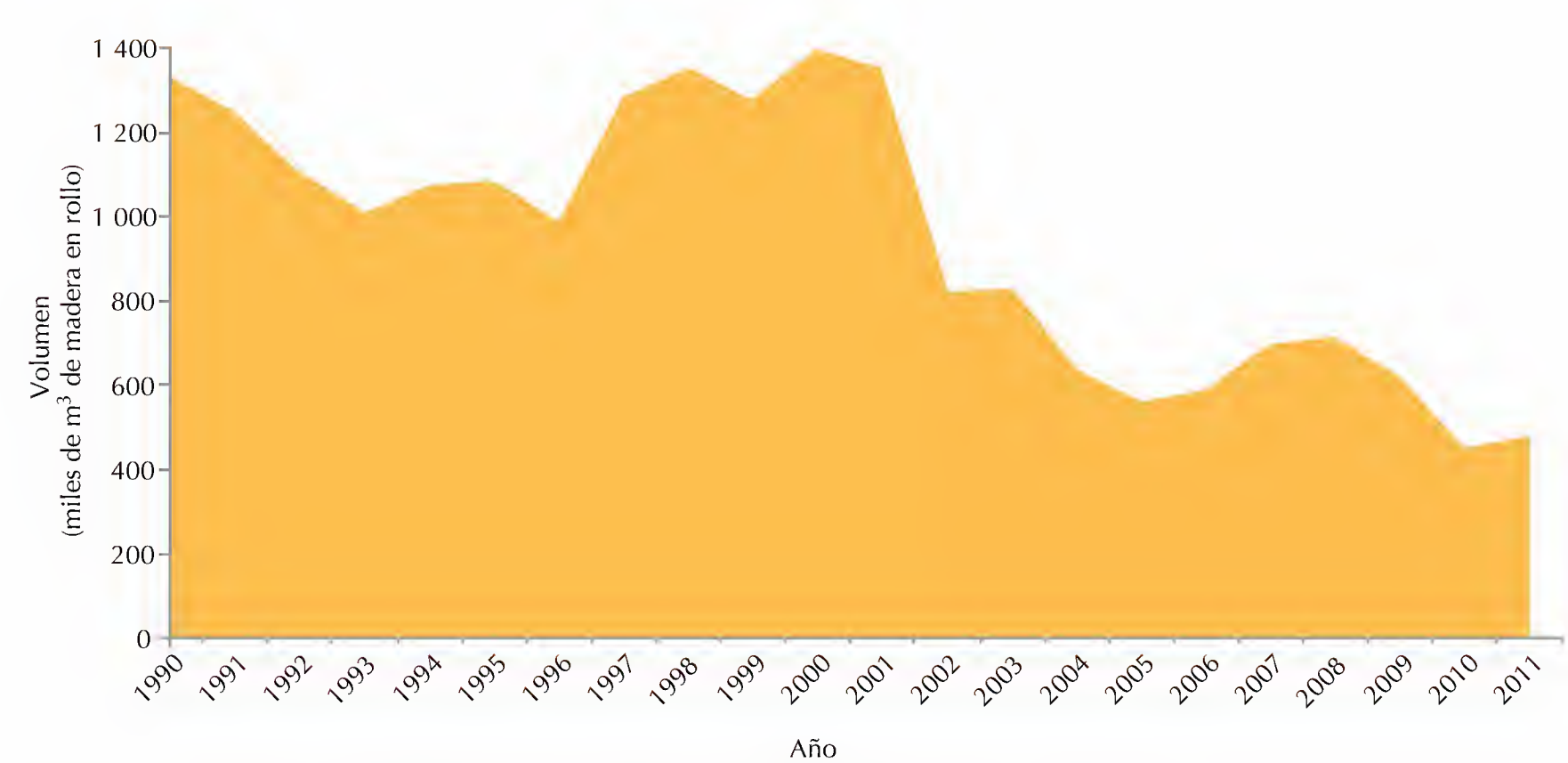


FIGURA 4. Producción forestal maderable a nivel estatal, durante 20 años. Fuente: SEMARNAT 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Valor de la producción forestal maderable a nivel estatal del 2000 al 2011. Fuente: SEMARNAT 2011.

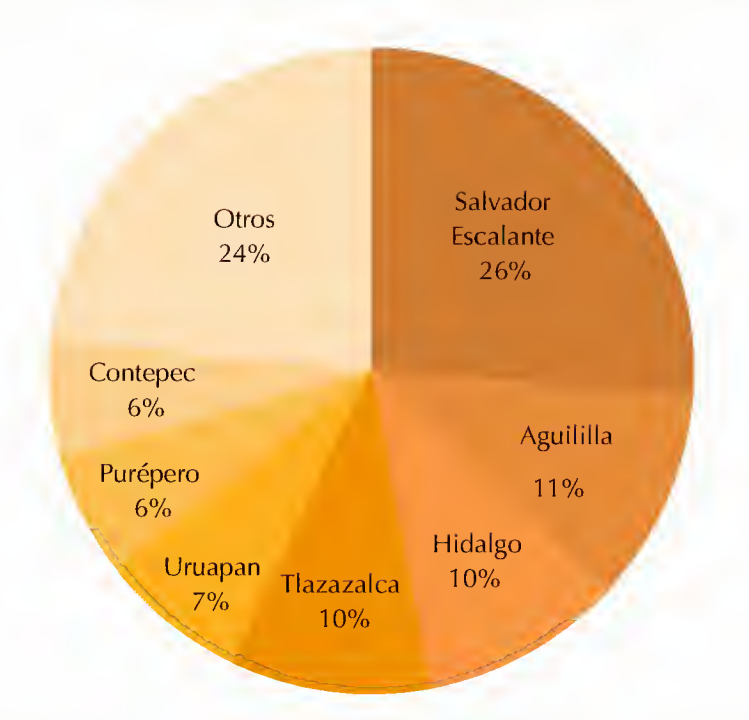


FIGURA 6. Municipios con mayor superficie de aprovechamiento forestal (medida en unidades de producción). Los porcentajes que se muestran están en relación al total estatal de 1 204 932 ha consideradas como superficie forestada. Fuente: INEGI 2009.

Leña y carbón

En la década de los ochenta, 42% de los hogares en la entidad dependían de esta fuente de energía (figura 7); sin embargo, eso se ha reducido hasta 20% en fechas recientes (INEGI 2010). Aunque no hay información al respecto, las causas directas pueden estar relacionadas con la disminución de la cobertura vegetal en gran parte del estado, o a fenómenos como la sustitución de esta fuente de energía por otras alternas como el gas; aunque eso no se ha estudiado a detalle.

La leña y el carbón son fuentes de combustible particularmente importantes para las poblaciones rurales de muy alto nivel de marginación, como las ubicadas en los municipios de Nocupétaro, Nicolás Romero, Tuzantla y Susupato en el sur de la provincia Sistema Volcánico Transversal, y las del municipio de Aquila ubicada entre la provincia Llanura Costera y la Sierra Madre del Sur, en donde más de 50% de las viviendas usan este recurso (figura 8).

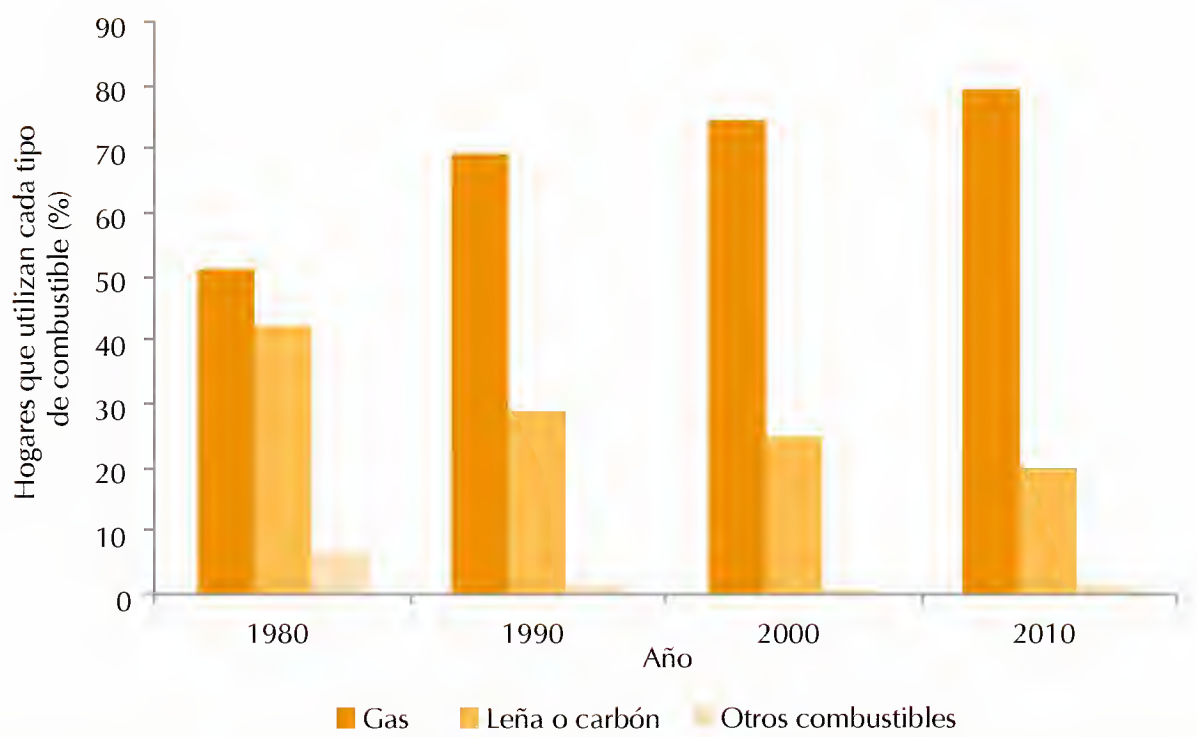


FIGURA 7. Tipos de combustible que se usan para cocinar en Michoacán; el porcentaje de uso corresponde al total de viviendas incluidas en cada censo. Fuente: INEGI 1990, 2000, 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

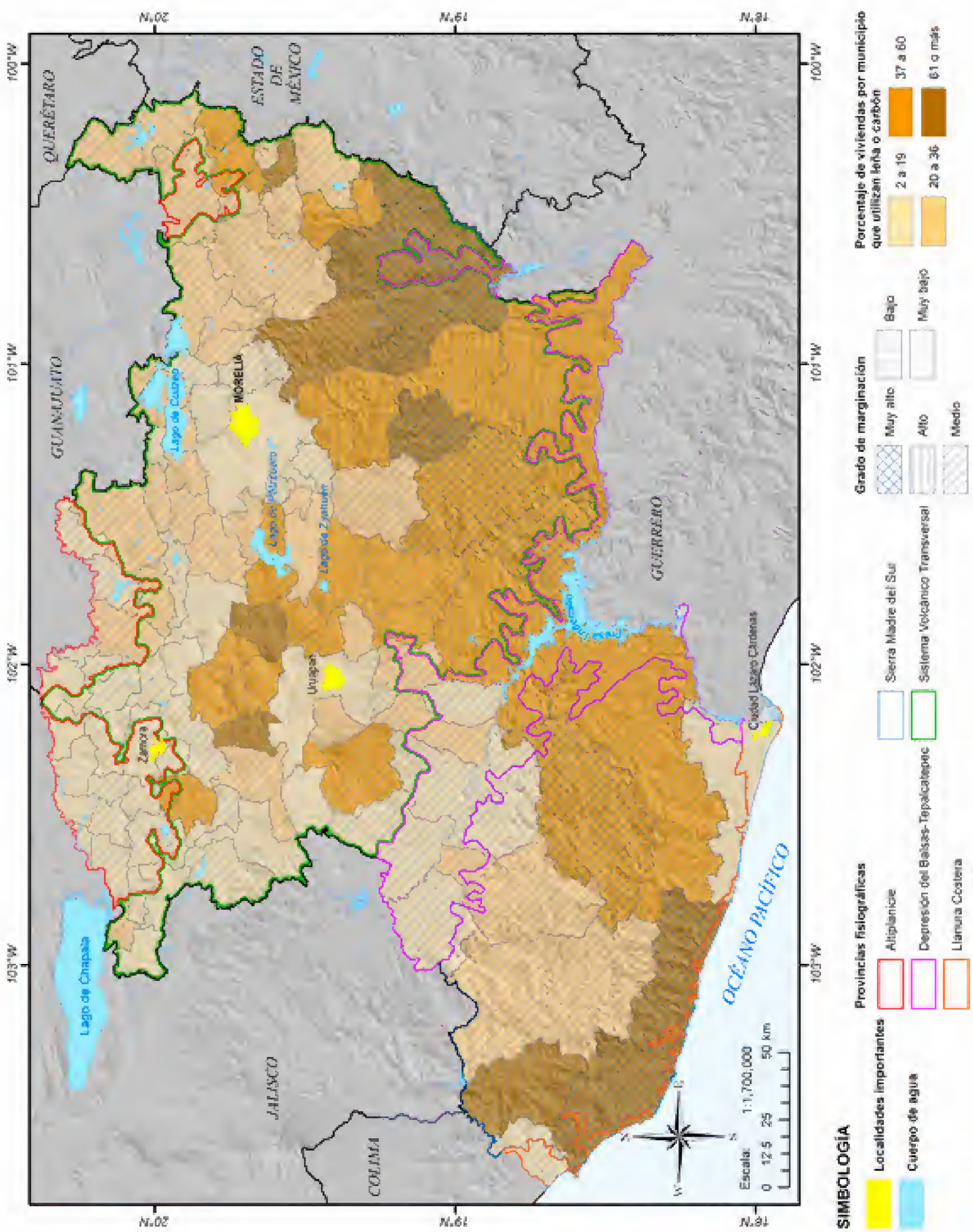


FIGURA 8. Porcentaje de viviendas que en 2010 usaban leña o carbón como combustible para cocinar y grado de marginación por municipio. Fuente: INEGI 1985, 2010; CONAPO 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

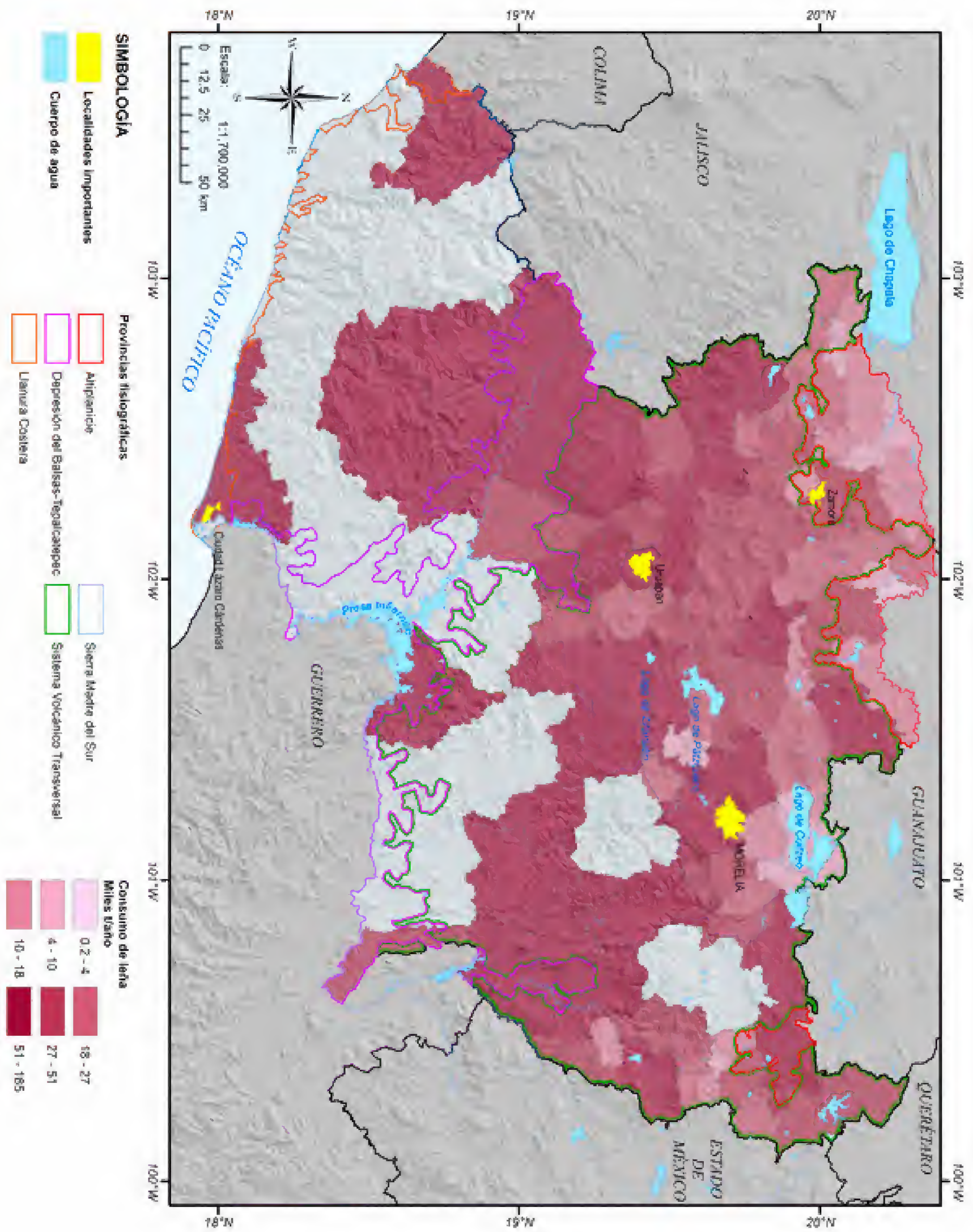


FIGURA 9. Consumo de leña por municipio; datos de 2006. FUENTE: INEGI 1985, Ghilardi 2006, Balvanera *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

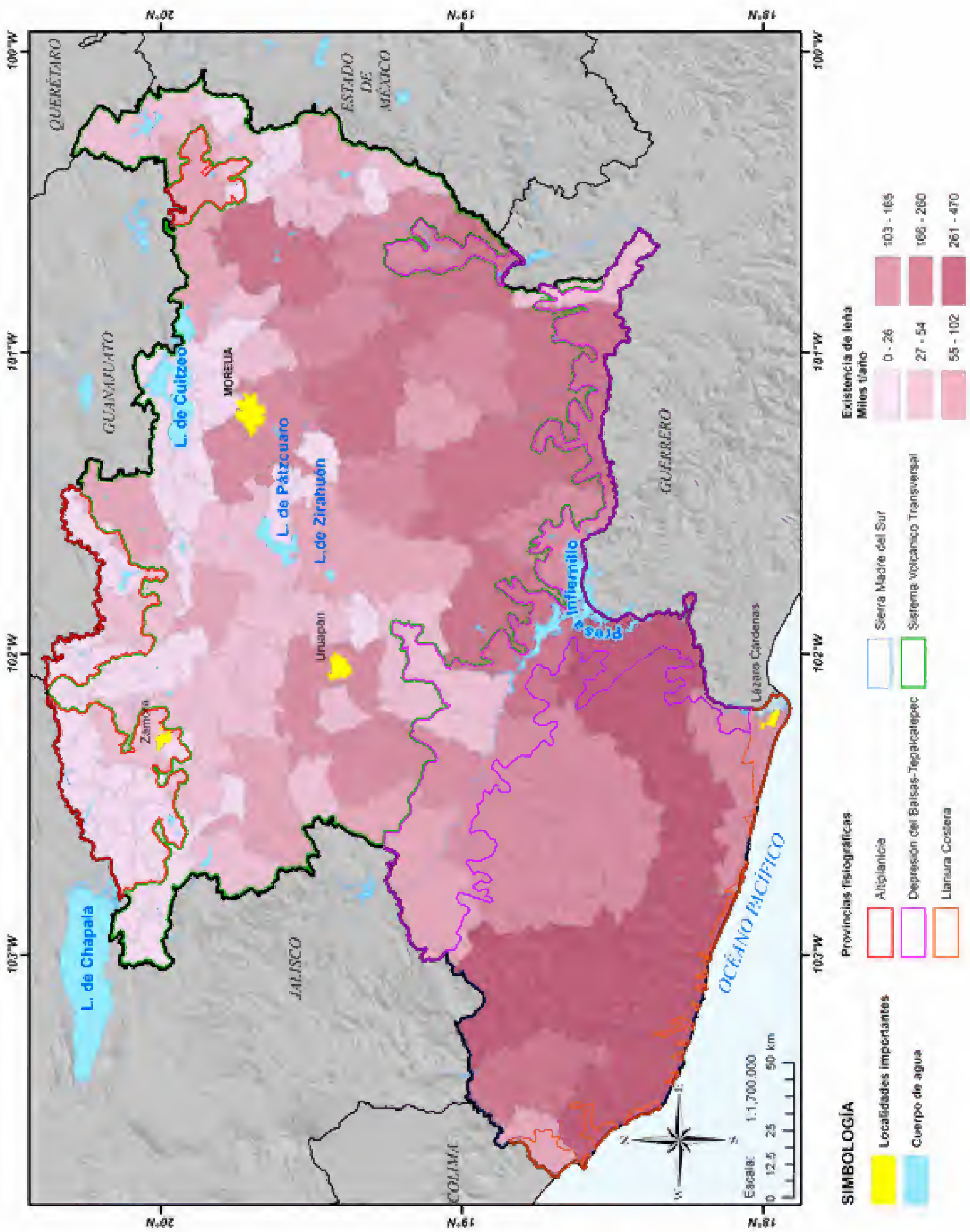


FIGURA 10. Existencia de leña por municipio; datos de 2006. Fuente: INEGI 1985, 2012, Ghilardi 2006, Balvanera *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La mayoría de los municipios ubicados en la provincia Sistema Volcánico Transversal, presentaron altos niveles de consumo *per capita*, particularmente los municipios de la parte media como Morelia, Uruapan, Zitácuaro e Hidalgo (figura 9). Las zonas de mayor oferta de leña se encuentran principalmente en la provincia de la Sierra Madre del Sur, en los municipios de Aquila, Coalcomán, Arteaga y Chinicuila, seguidos por las provincias del Sistema Volcánico Transversal y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (figura 10).

Recursos forestales no maderables

Los ecosistemas forestales ofrecen gran cantidad de recursos silvestres (plantas, animales, hongos) que son fundamentales para el autoconsumo y para la obtención de ingresos de la población rural. Los recursos forestales no maderables son bienes de origen biológico (animal o vegetal), excluyendo la madera en pie, en rollo, leña y el carbón vegetal, que se obtienen de los bosques, áreas forestales y árboles aislados de los bosques (Chandrasekharan *et al.* 1996).

Uno de los principales productos forestales no maderables es la resina, que se obtiene a partir de varias especies de pino y se utiliza en perfumes, goma de mascar, adhesivos, barnices, jabones, pinturas, fármacos y fungicidas (Chandrasekharan *et al.* 1996). La producción de resinas en el estado ha disminuido 57% en los últimos 11 años, mientras que su valor ha aumentado (figura 11). A pesar de ello, tanto los recolectores de resina como los industriales que la destilan enfrentan serias dificultades derivadas de la importación de brea proveniente de otros países (p.e. China, Brasil e India), así como de la falta de recolectores y de la tala inmoderada (Munro 2011). Otros productos que también se extraen son la tierra de monte y los hongos (INEGI 2009); algunos son cosechados para el autoconsumo y son abordados en otras contribuciones de este estudio en donde se documentan con amplitud.

Disponibilidad de agua

La oferta natural anual de agua en el estado (cantidad de agua que llega por precipitación, menos la que se pierde por evapotranspiración) es baja, mostrando un déficit para la mayor parte de la entidad (figura 12). Sólo las zonas montañosas de la región hidrológica (RH) Costas de Michoacán y Armería-Coahuayana, y la zona norte del estado en la RH Lerma-Santiago presentan mayor disponibilidad de agua. Por no contar con datos precisos a nivel estatal, se hace un análisis a nivel de regiones hidrológicas que tienen influencia en el estado. Se destaca que en la RH de Lerma-Santiago hay una disminución de 13% en los últimos 10 años, para la RH Balsas la reducción ha sido de 24% (figura 13), acentuando la baja disposición natural de agua (Sanchéz 2010).

Producción agrícola y ganadera

Los bienes obtenidos a través de sistemas de manejo bien establecidos, como la agricultura y la ganadería, están disponibles gracias a la creciente acción del hombre sobre una serie de funciones, pero dependen de las funciones básicas de los ecosistemas (De Groot *et al.* 2002, MA 2005). En Michoacán la producción agrícola ha aumentado en los últimos 20 años, particularmente en la década de los noventa, estabilizándose en los últimos 10 años; sin embargo, el valor monetario de la producción ha aumentado de forma considerable (figura 14).

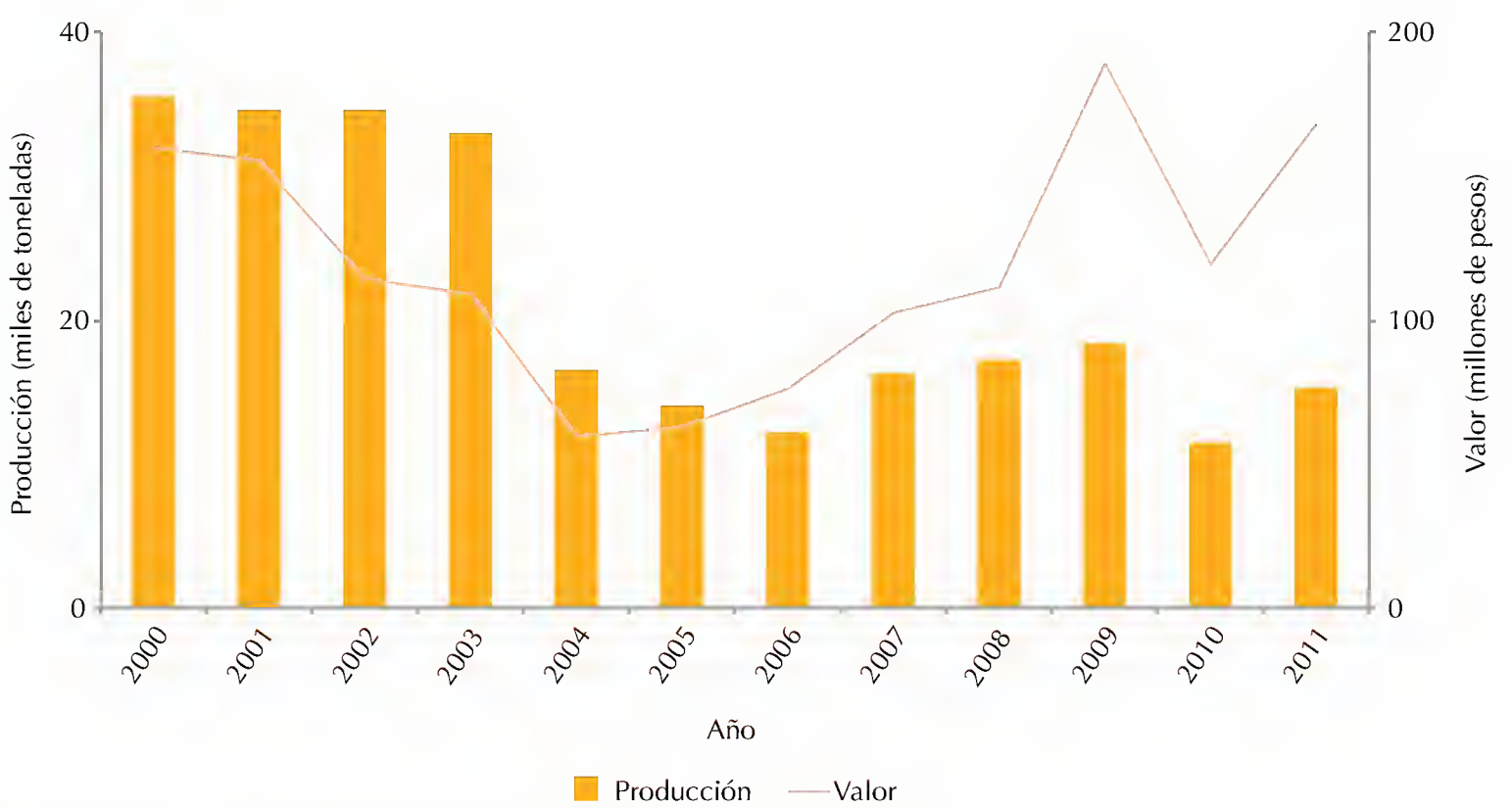


FIGURA 11. Producción y valor económico de la resina. Fuente: SEMARNAT 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

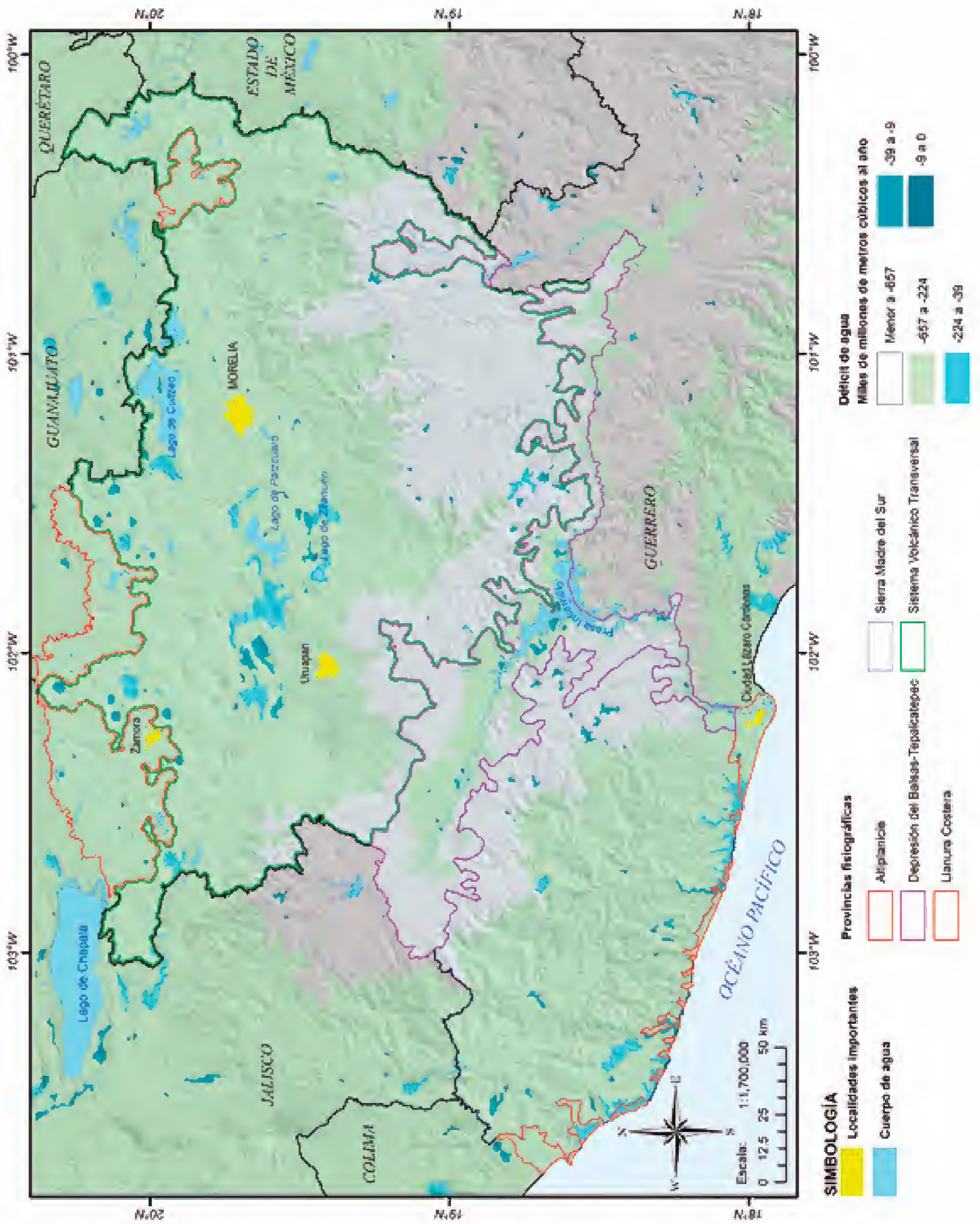


FIGURA 12. Disponibilidad natural de agua por provincia fisiográfica. Fuente: CNA 1998, CONAGUA 2007, Balvanera *et al.* 2012, Pacheco *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

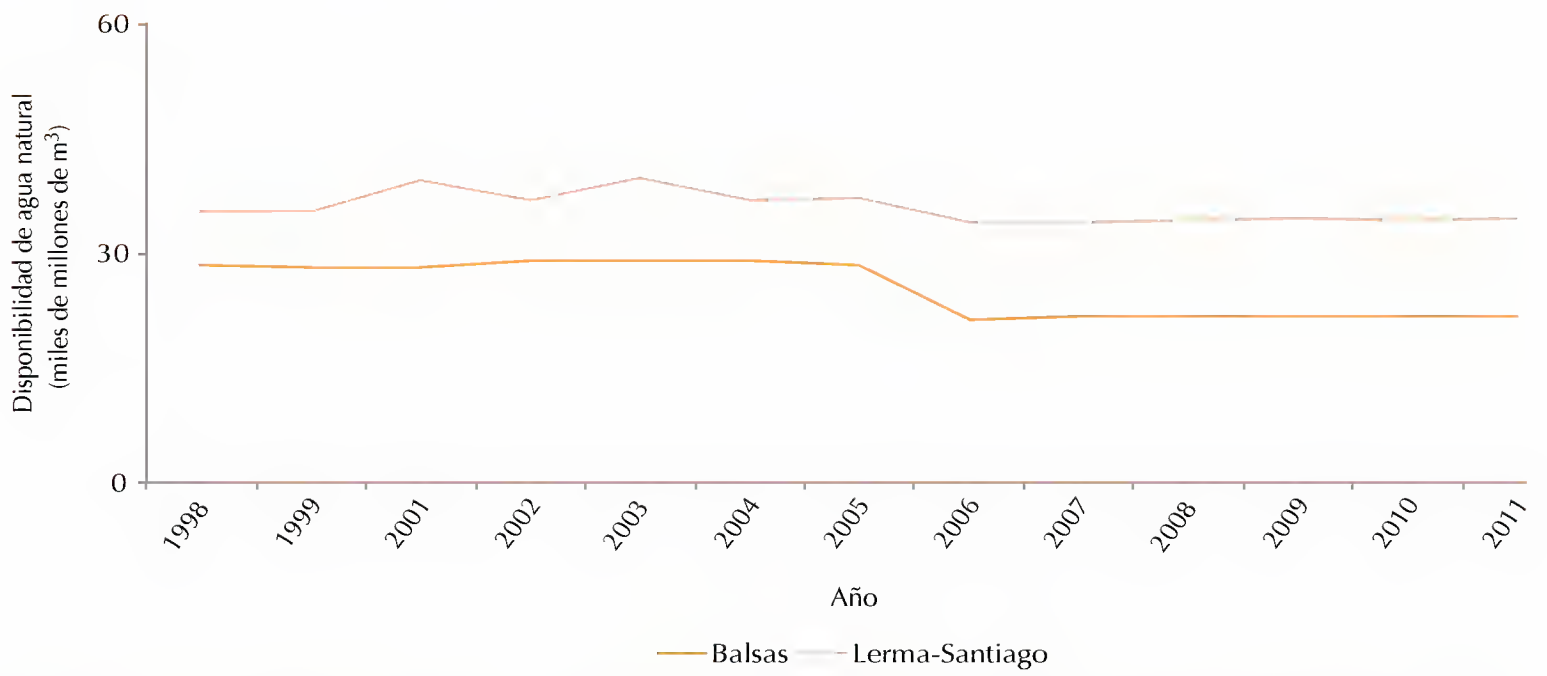


FIGURA 13. Volumen total de agua renovable, superficial y subterránea, que ocurre de forma natural en dos regiones hidrológicas de Michoacán, datos de 1998 a 2011. Fuente: CONAGUA 2010, 2011; SEMARNAT 2012.

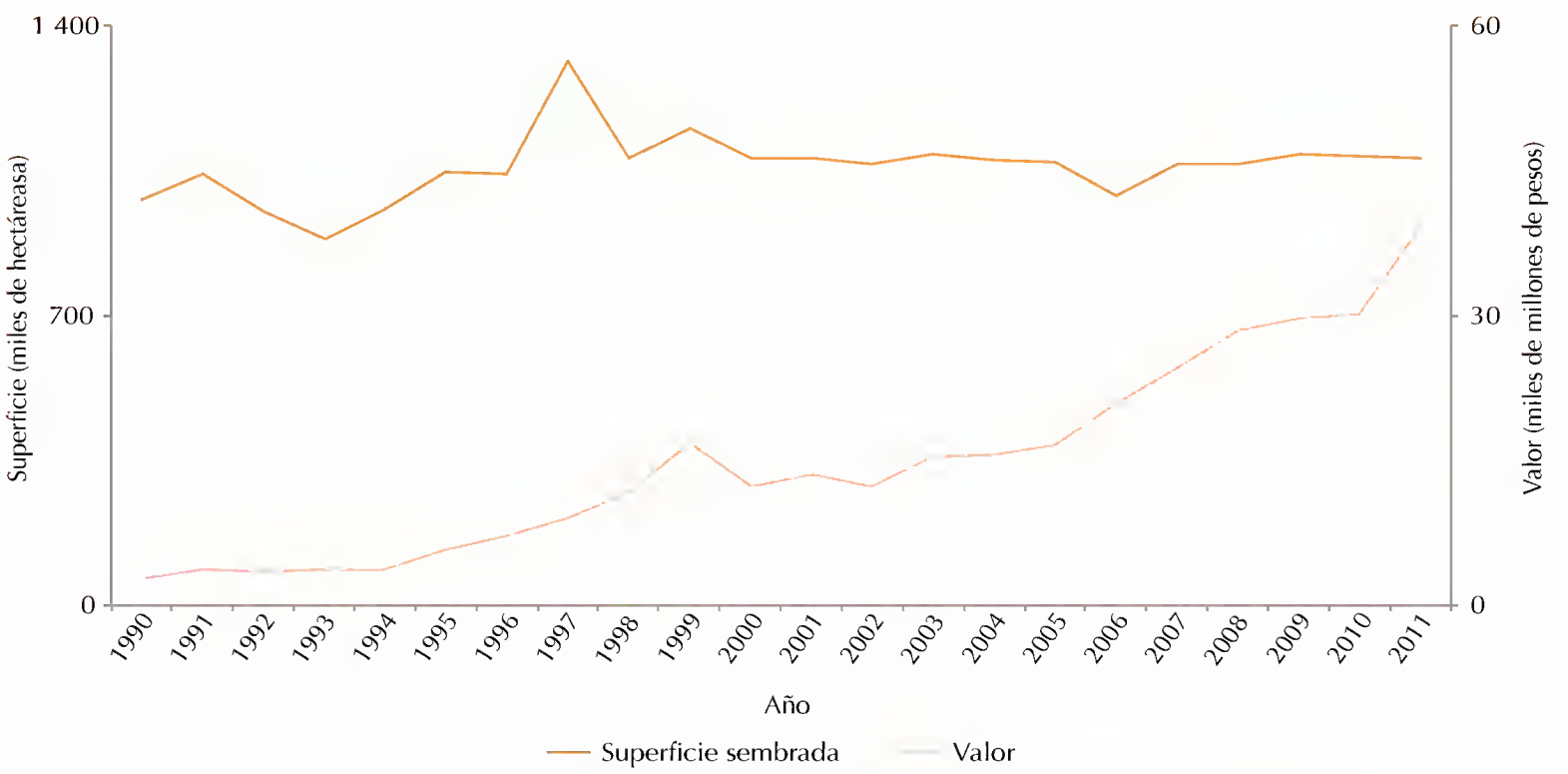


FIGURA 14. Superficie sembrada desde 1990 hasta 2011 y su valor de producción. Fuente: SAGARPA 2012.

De la superficie agrícola del estado, 43% está dedicada a la producción de maíz (*Zea mays*), el componente básico de la canasta alimentaria de los mexicanos (figura 15). El maíz se cultiva en casi todos los municipios del estado, aunque Maravatío y Morelia son los que más superficie dedican a este cultivo (SIAP 2014). Le sigue la producción de sorgo (*Sorghum* sp.) con 12%, dirigido a sostener la producción pecuaria, principalmente de la provincia Altiplanicie (municipios José Sixto, Penjamillo, Tanhuato y Ecuandureo) y en la provincia Depresión del Balsas-Tepalcatepec (municipios Tepalcatepec y Apatzingán; SIAP 2014).

En tercer lugar, con 10% de la superficie agrícola se encuentra la producción de aguacate (*Persea americana*) que contribuye con 39% del valor de la producción agrícola del estado (figura 15). Desde 1990 hasta el 2011 la superficie agrícola dedicada al aguacate casi se duplicó (figura 16), el volumen de su producción aumentó 100% y el valor de la producción lo hizo de manera exponencial en más de 1000% (figura 17). Los seis municipios que más superficie dedican a este cultivo (Tancítaro, Salvador Escalante, Tacámbaro, Uruapan, Ario y Peribán) se encuentran en la provincia Sistema Volcánico Transversal (SIAP 2014).

La magnitud de las actividades pecuarias es difícil de contabilizar, debido a que parte de éstas se realiza de manera extensiva (es decir, que los animales pastorean libremente en amplias extensiones de terreno), donde tanto pastizales inducidos como naturales, o incluso los bosques, pueden ser utilizados para la crianza del ganado. La producción pecuaria puede ser también intensiva, en cuyo caso la superficie utilizada de forma directa por el ganado es reducida, pero puede ser grande si se considera aquella dedicada al cultivo de forrajes. De este último sistema de producción es del cual se cuenta con más información.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

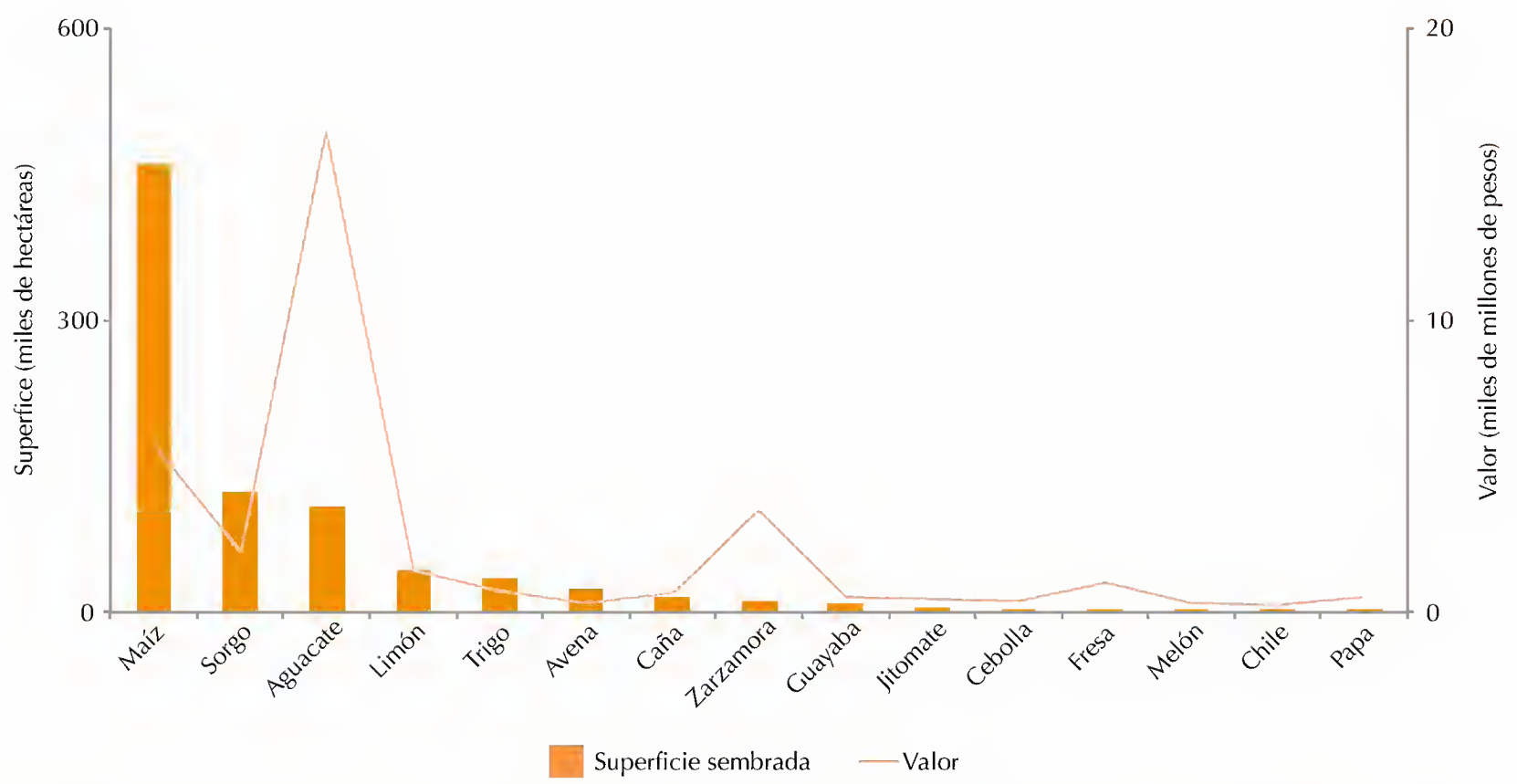


FIGURA 15. Superficie sembrada de los principales productos agrícolas y su valor de producción. Fuente: SAGARPA 2012.

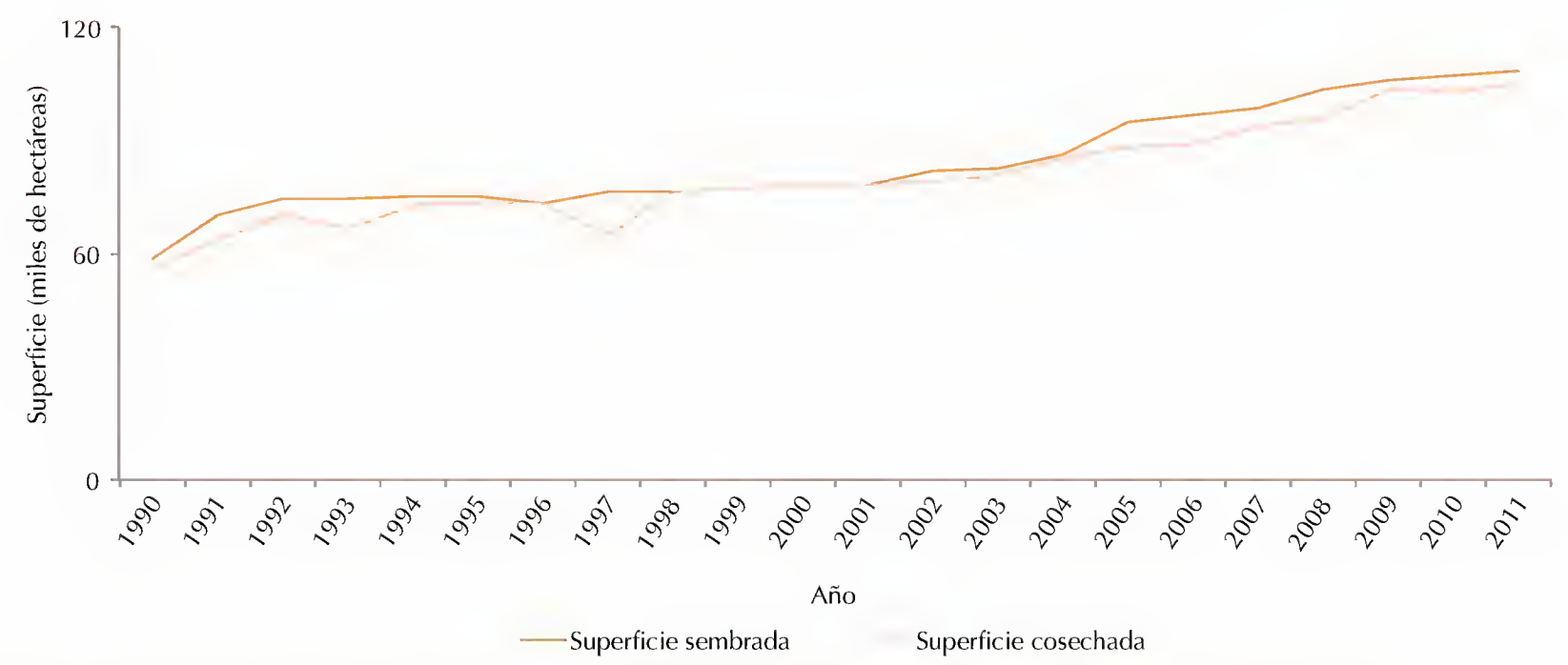


FIGURA 16. Superficie sembrada y cosechada de aguacate desde 1990 hasta 2011. Fuente: SAGARPA 2012.

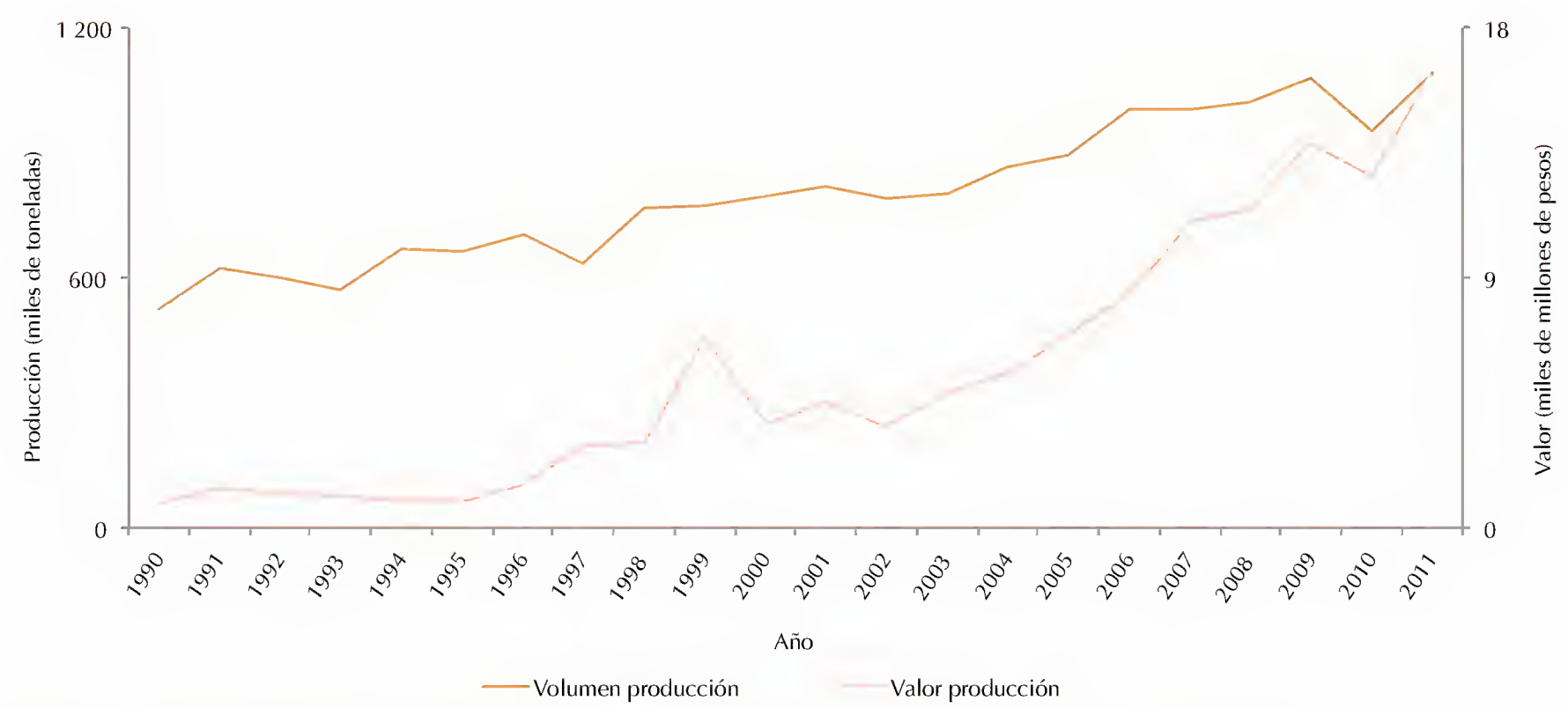


FIGURA 17. Volumen y valor de la producción de aguacate desde 1990 hasta 2011. Fuente: SAGARPA 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La producción pecuaria bovina ha mostrado aumento en su valor en los últimos 30 años. La producción de ganado en pie y de carne aumentaron 71 y 58%, respectivamente en los últimos 10 años (figura 18), mientras que la producción de leche presentó un ligero incremento de 12% (figura 19). El valor de la producción, en cambio, aumentó 158% para el ganado en pie, 156% para la carne y 76% para la leche en el mismo periodo.

Las dos actividades productivas más importantes en el estado (agricultura y ganadería) tienen efectos negativos sobre todos los ecosistemas en donde se establecen, como se detalla en el estudio de Balvanera *et al.* (2009), sobre todo en la biodiversidad y la calidad del suelo. La superficie destinada a estas actividades es de cerca de 27% (figura 20), y se desarrollan sobre todo al norte de la entidad. La producción agrícola de autoconsumo y pecuaria, de subsistencia o extensiva, no pudo ser documentada debido a que no se reporta en las estadísticas gubernamentales. En relación con los ecosistemas nativos con algún grado de conservación (vegetación primaria y secundaria), los bosques y las selvas presentan una extensión importante con casi 60% de la superficie de Michoacán (figura 20), siendo la Sierra Madre del Sur la que aloja mayor proporción de estos ecosistemas.

SERVICIOS DE REGULACIÓN

Estos servicios son aquellos procesos que contribuyen a mantener y regular el funcionamiento de los ecosiste-

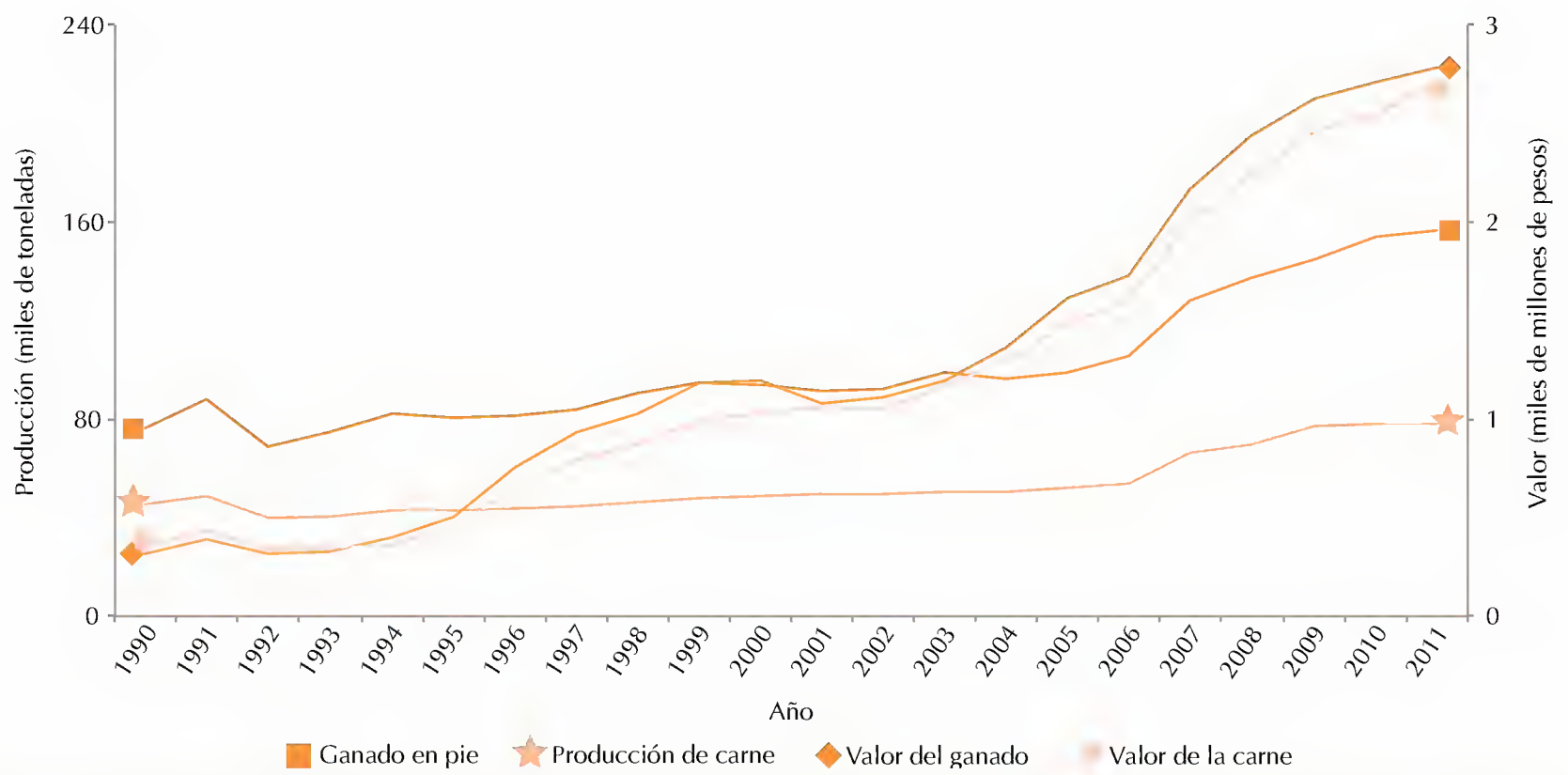


FIGURA 18. Producción de ganado bovino en pie y carne, y su valor de producción de 1990 a 2011. Fuente: SAGARPA 2012.

FIGURA 19. Producción de leche y su valor económico, de 1980 a 2011. Fuente: SAGARPA 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

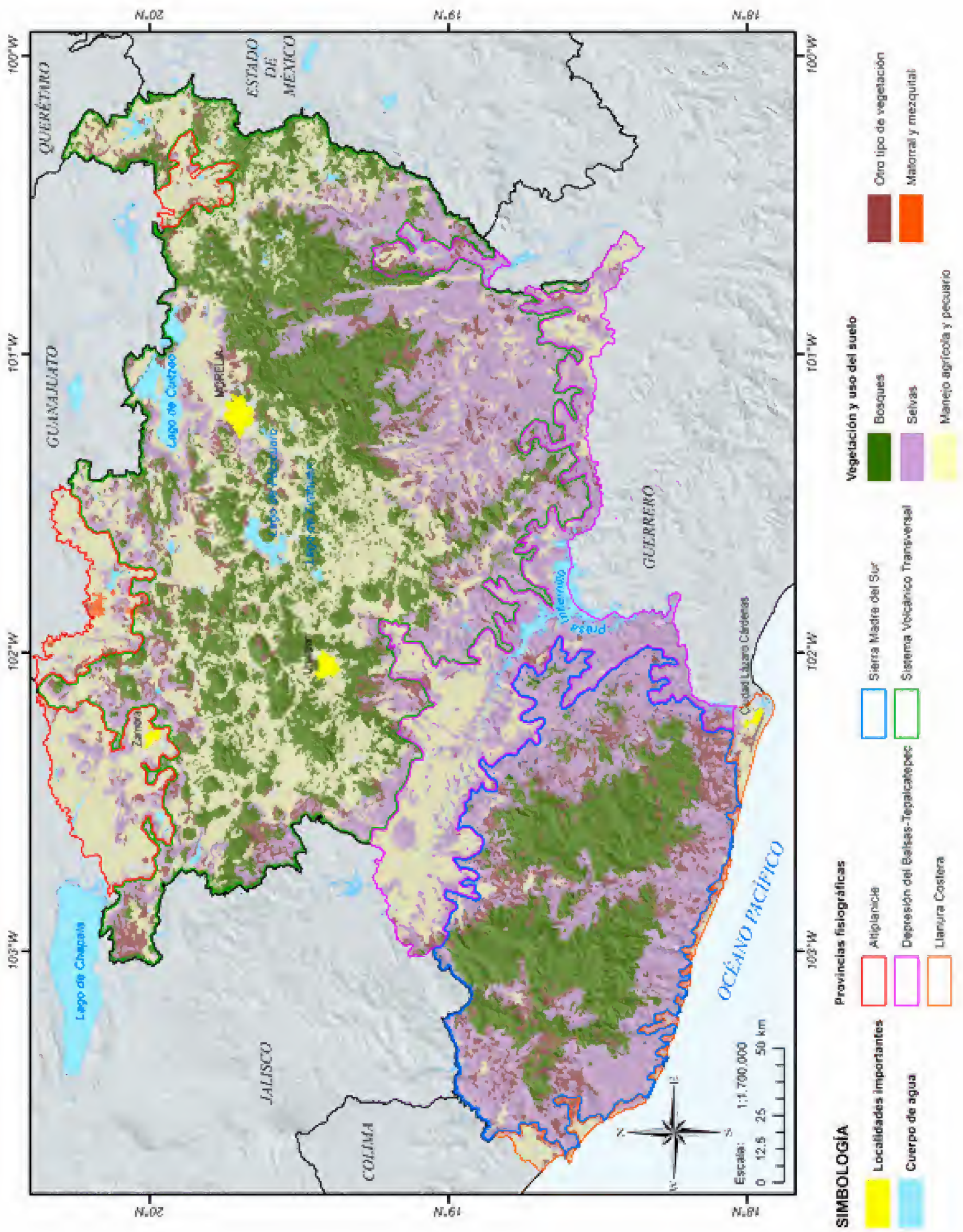


FIGURA 20. Principales tipos de vegetación y uso del suelo. Fuente: INEGI 2016.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

mas, mejorando las condiciones en las que habitan los seres humanos y aquellas fundamentales para la realización de actividades productivas que, en conjunto, otorgan beneficios a la población (Maass *et al.* 2005, Balvanera *et al.* 2012). Los servicios que más destacan y de los cuales hay información para su análisis se describen a continuación.

Calidad del agua

El agua es uno de los recursos naturales más susceptibles de ser contaminados por las actividades humanas. Del agua disponible en la RH Balsas, 82% se clasifica con una calidad de aceptable a excelente, considerando sólo contaminación por compuestos orgánicos derivados de los desagües (demanda bioquímica de oxígeno o DBO; figura 21a). Pero al considerar la contaminación por compuestos orgánicos e inorgánicos, como pesticidas, fertilizantes o metales pesados (demanda química de oxígeno o DQO) el porcentaje de agua adecuada para consumo humano (clasificada como aceptable y excelente) se reduce a 58% (figura 21b; CONAGUA 2011). Por su parte, en la RH Lerma-Santiago, el porcentaje de agua considerada de aceptable a excelente para el consumo fue de 82% (contaminación de tipo DBO, figura 21a) y de 48% (contaminación de tipo DQO, figura 21b; CONAGUA 2011). Estos datos, derivados de fuentes gubernamentales, son promedios tomados de un número escaso de puntos de muestreo: 1 510 para todo el país, distribuidos en cuerpos de agua superficiales, aguas subterráneas y zonas costeras (CONAGUA 2011), por ello, su alcance se considera limitado. Desafortunadamente, no fue posible cuantificar ni señalar los procesos naturales como filtración, degradación y dilución de contaminantes que participan en la obtención de agua de buena calidad, debido a que no hay información disponible.

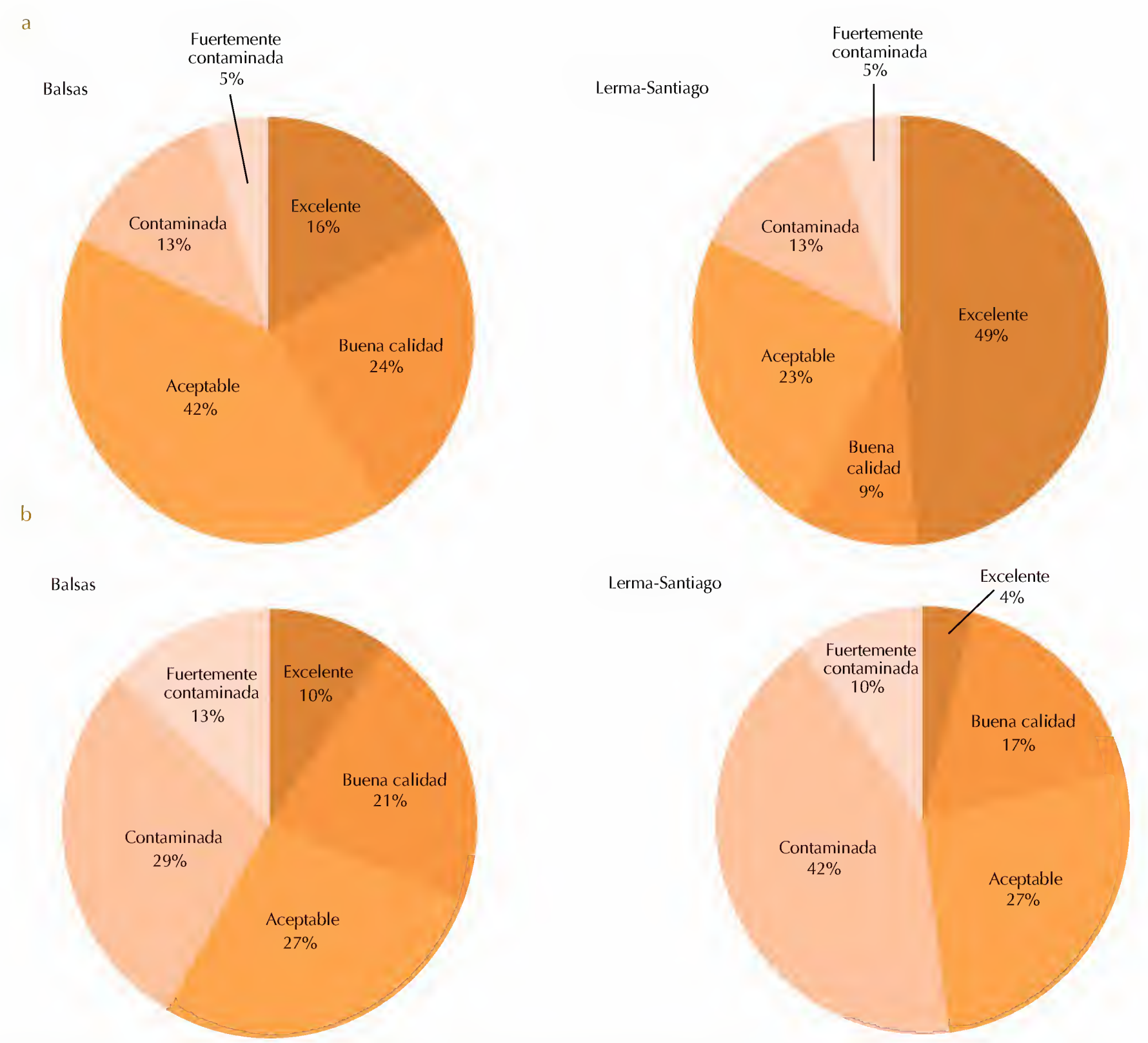


FIGURA 21. Calidad del agua de acuerdo con dos indicadores: a) demanda bioquímica de oxigeno (DBO), b) demanda química de oxígeno (DQO), para las dos regiones hidrológicas de Michoacán, datos de 2011. Fuente: CONAGUA 2007, 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Calidad de suelo y regulación de la erosión

En todos los ecosistemas, el suelo es la parte fundamental de la que se derivan todas las funciones que determinan los servicios ambientales; es indispensable para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana. Entre las funciones más importantes están las de soporte y suministro de nutrientes a las plantas, aunque también está la generación de un medio poroso y permeable, apto para la regulación del sistema hidrológico, que influye en la retención, pérdida de agua y en su purificación o contaminación (Cotler 2003); mantener la buena calidad del suelo permite entonces la oferta de varios servicios ambientales de los ecosistemas.

En el caso de Michoacán, la pérdida de calidad del suelo debido a las actividades productivas es heterogénea (figura 22); en su mayor parte es considerada como una degradación ligera. La degradación de tipo moderada se presenta en varias zonas de las provincias Altiplanicie, Llanura Costera y Depresión del Balsas-Tepalcatepec; mientras que la degradación de tipo extremo se reporta en zonas muy puntuales de las provincias del Sistema Volcánico Transversal y Llanura Costera (figura 22).

La pérdida de calidad del suelo en el estado se debe en gran medida a la erosión hídrica, es decir, aquella asociada a eventos de precipitación de gran intensidad, la cual se agudiza con el cambio de uso del suelo de los ecosistemas naturales a pecuario o agrícola (figura 23). Una proporción importante de los suelos del estado se encuentran también degradados por la presencia de productos químicos asociados a la actividad agrícola e industrial (figura 23). Se puede deducir que 75% de los suelos degradados se originaron como resultado de la actividad agrícola o pecuaria (figura 24).

Regulación de la polinización, plagas y enfermedades

Los polinizadores ayudan a mantener la diversidad de los ecosistemas, facilitando la reproducción de muchas especies de plantas; entre los polinizadores más comunes se encuentran moscas, polillas, mariposas, avispas, escarabajos, murciélagos y colibríes. La contribución de los organismos a la polinización de cultivos agrícolas es considerada un servicio de regulación. Las abejas son los principales agentes de polinización de muchos cultivos (SCDB 2008).

La producción agrícola en algunas regiones del estado es dependiente de abejas polinizadoras (figura 25). En las zonas centro, que corresponde al Sistema Volcánico Transversal (donde se cultiva aguacate), y costera, correspondiente a la Llanura Costera (donde se cultiva el mango) del estado, más de 60% de la superficie es agrícola y corresponde a cultivos que dependen, al menos en parte, de abejas polinizadoras para su producción. Un patrón similar se observa para el porcentaje de la producción (figura 26) y para su valor.

Aunque la polinización de cultivos agrícolas pueden realizarla abejas nativas, los productores de aguacate han introducido colonias de abejas no nativas (*Apis mellifera*) para que éstas polinicen sus árboles (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, SAGARPA 2010, Méndez 2012). Lo anterior debido al creciente cambio de uso del suelo, fragmentación de los bosques y su consecuente efecto en las poblaciones de abejas nativas. Si bien estas acciones pueden resolver un problema de manera inmediata, tienen también repercusiones negativas a largo plazo, ya que las especies de abejas introducidas pueden interactuar y competir por recursos con las abejas nativas que aún permanecen en el sistema, con lo que se pierde la potencial recolonización de estas especies.

En un trabajo de compilación, Quesada *et al.* (2010) enlistan una serie de medidas que se deben adoptar para la conservación de los polinizadores, entre las que destacan: mantener la conectividad entre hábitats naturales, favorecer sitios de anidación, establecer cultivos heterogéneos y minimizar el uso de plaguicidas; no fue posible encontrar información sobre la regulación de enfermedades humanas o plagas agrícolas, pecuarias o forestales para el estado.

Regulación de los impactos ante eventos meteorológicos extremos

Los ecosistemas juegan un papel primordial en la regulación de los impactos de eventos meteorológicos. Cuando se presentan lluvias extremas en zonas con mayor cobertura vegetal y diversidad estructural, se reduce la velocidad del caudal (Díaz *et al.* 2006, Landsberg *et al.* 2011), se incrementa la infiltración del agua en el suelo (reduciendo la cantidad que fluye superficialmente), y disminuye la extensión y magnitud de las inundaciones.

Debido a las características climáticas del estado, la heterogeneidad topográfica, la condición de sus ecosistemas y los patrones espaciales de los asentamientos humanos, se han originado zonas de alto riesgo por inundación y por lluvias. Estas se concentran en algunas zonas de la Altiplanicie (municipios Penjamillo y Angamacutiro), del Sistema Volcánico Transversal (Puruándiro) y de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (Apatzingán), y en algunos municipios de la Sierra Madre del Sur también (Aquila y Aguililla; figura 27). Se considera que las actividades agrícolas son las principales causantes de esta problemática ya que han provocado la eliminación de una gran proporción de la cobertura vegetal natural, la cual podría minimizar estos impactos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

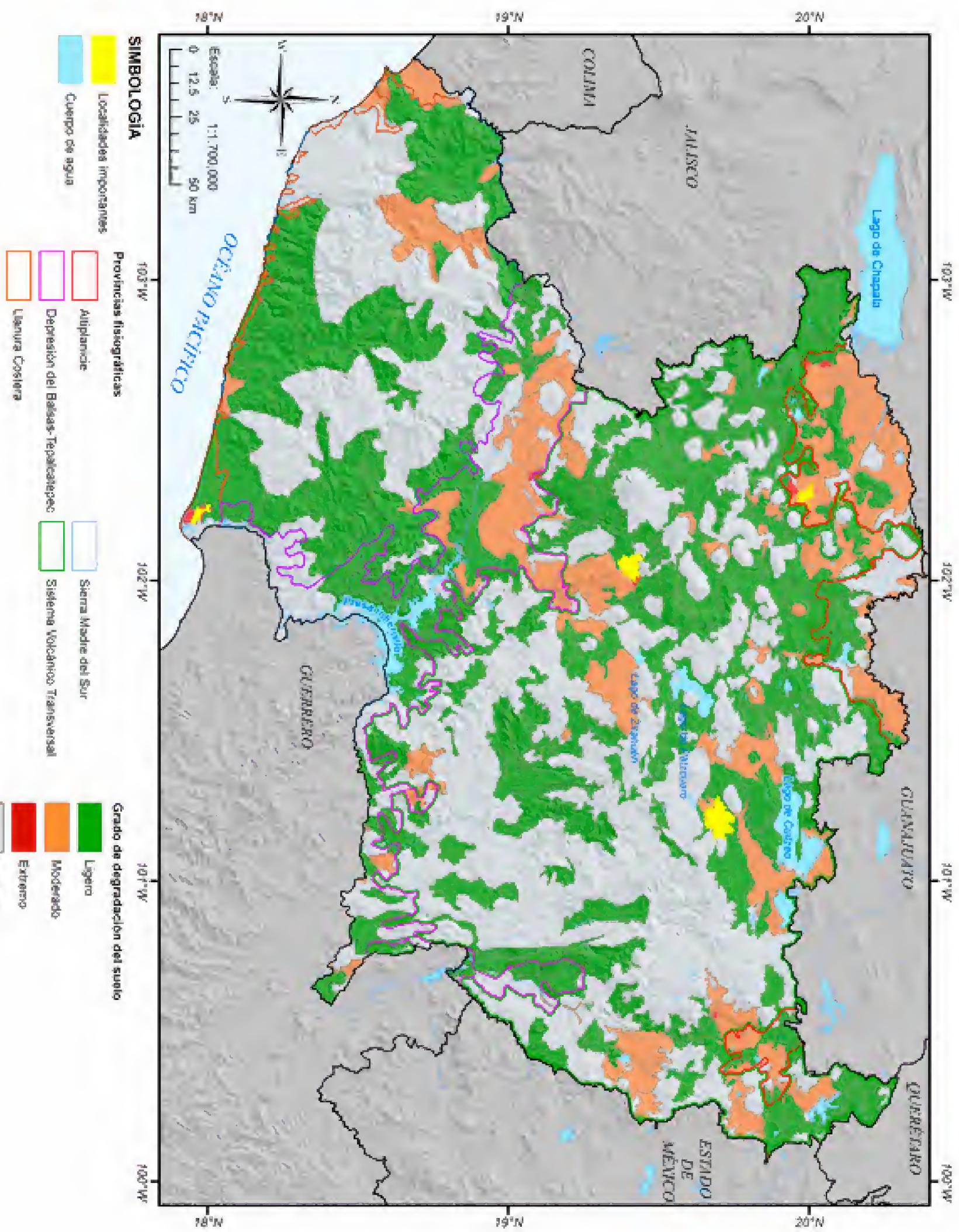


FIGURA 22. Grado de degradación del suelo por causas antrópicas. Los valores corresponden a la proporción del total del suelo degradado en el estado.
Fuente: INEGI 1985, SEMARNAT 2004, CONABIO 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

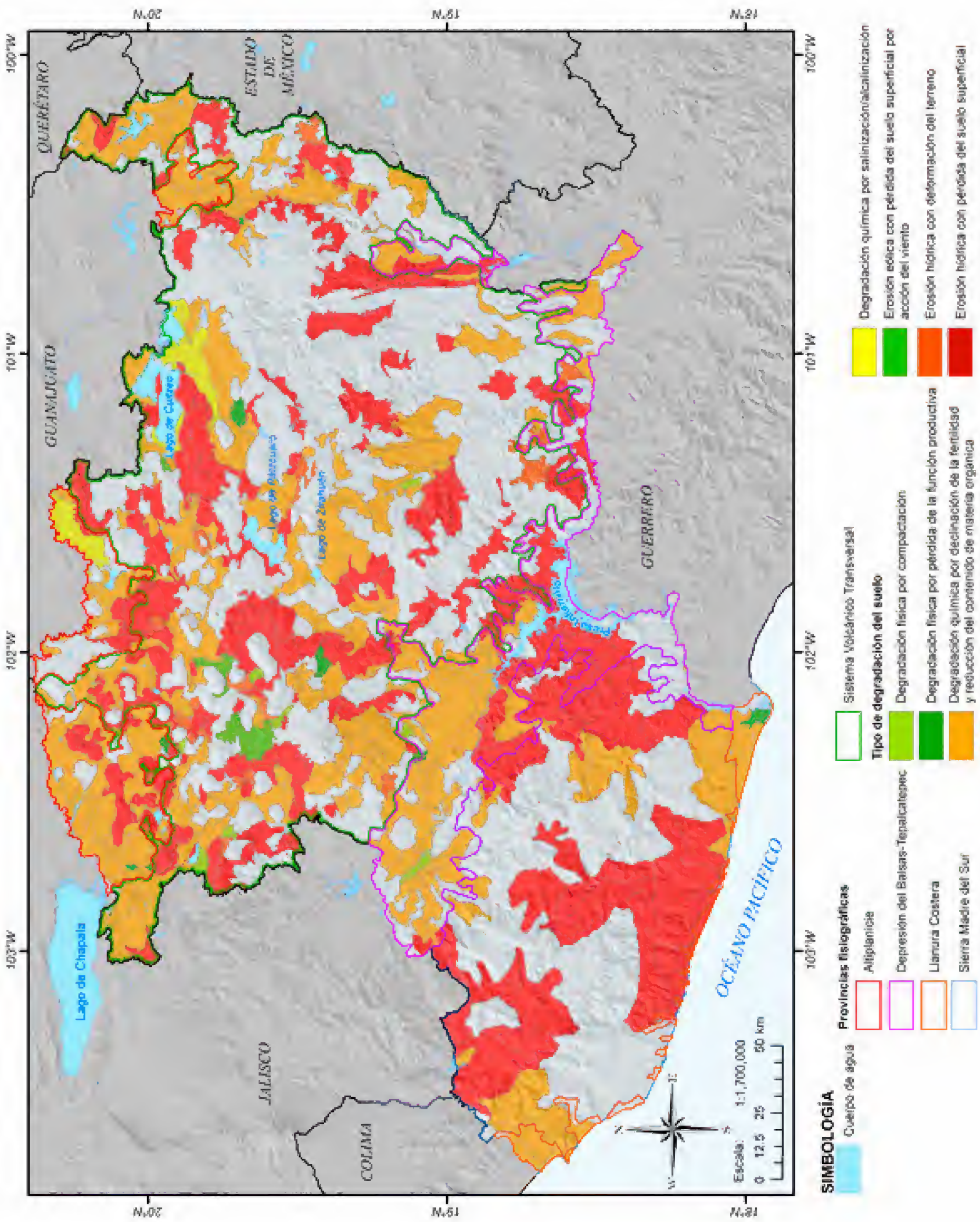


FIGURA 23. Tipos de degradación del suelo. Fuente: INEGI 1985, SEMARNAT 2004, CONABIO 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

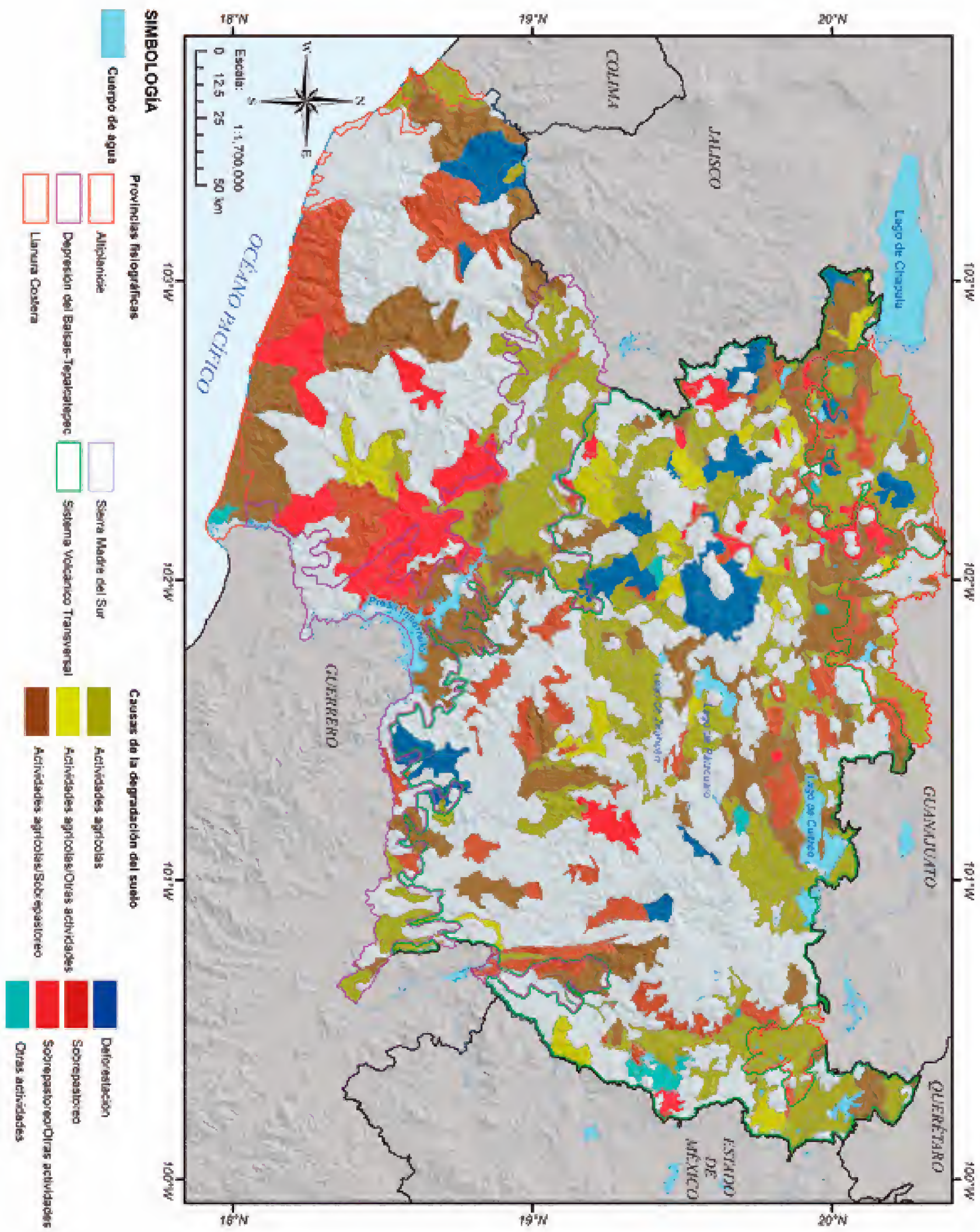


FIGURA 24. Principales actividades antrópicas causantes de la degradación del suelo. Fuente: INEGI 1985, SEMARNAT 2004, CONABIO 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

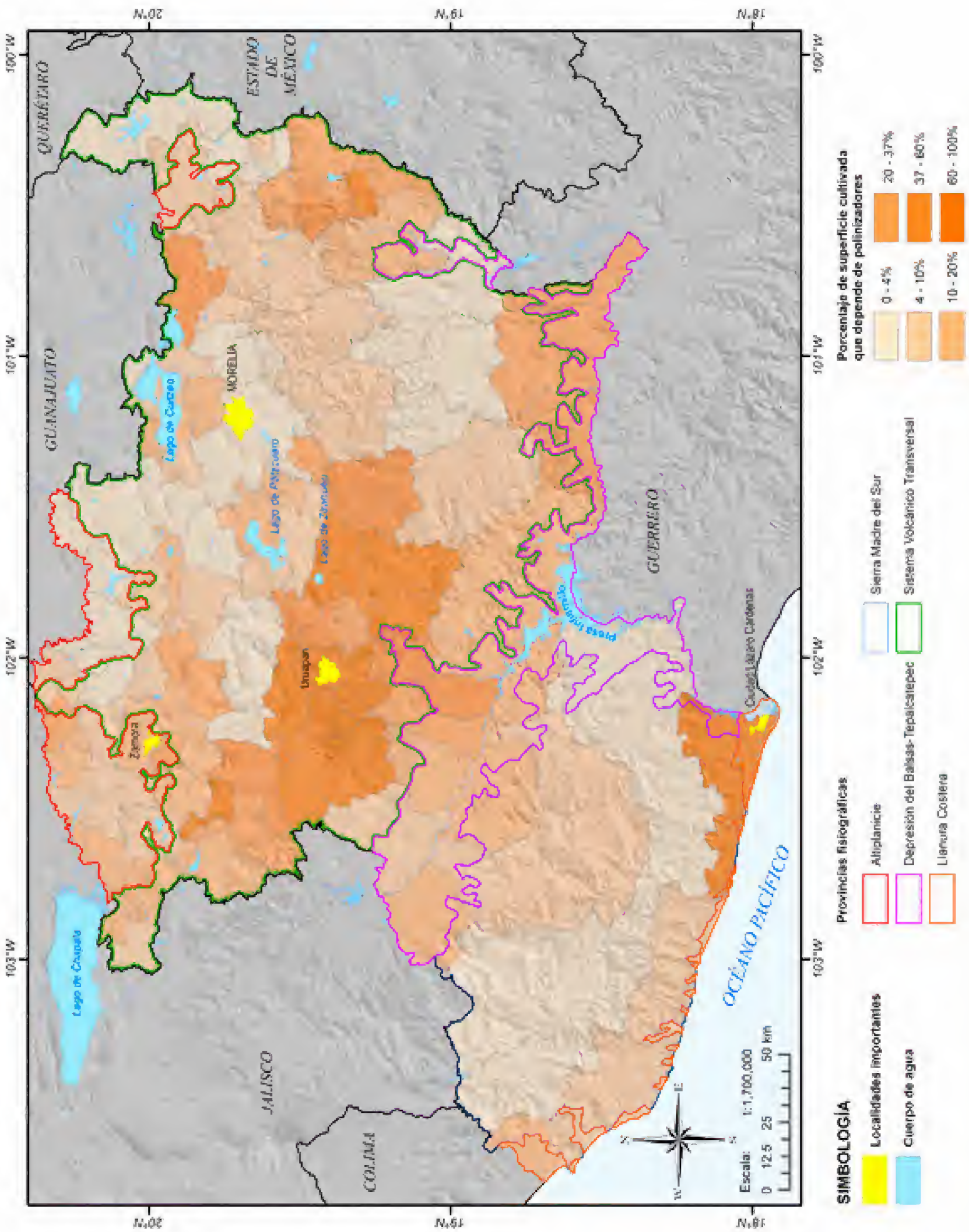


FIGURA 25. Porcentaje de la superficie agrícola por municipio, que corresponde a cultivos que dependen, al menos en parte, de abejas como polinizadores para su producción. Fuente: INEGI 1985, Balvanera *et al.* 2012, Porter *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

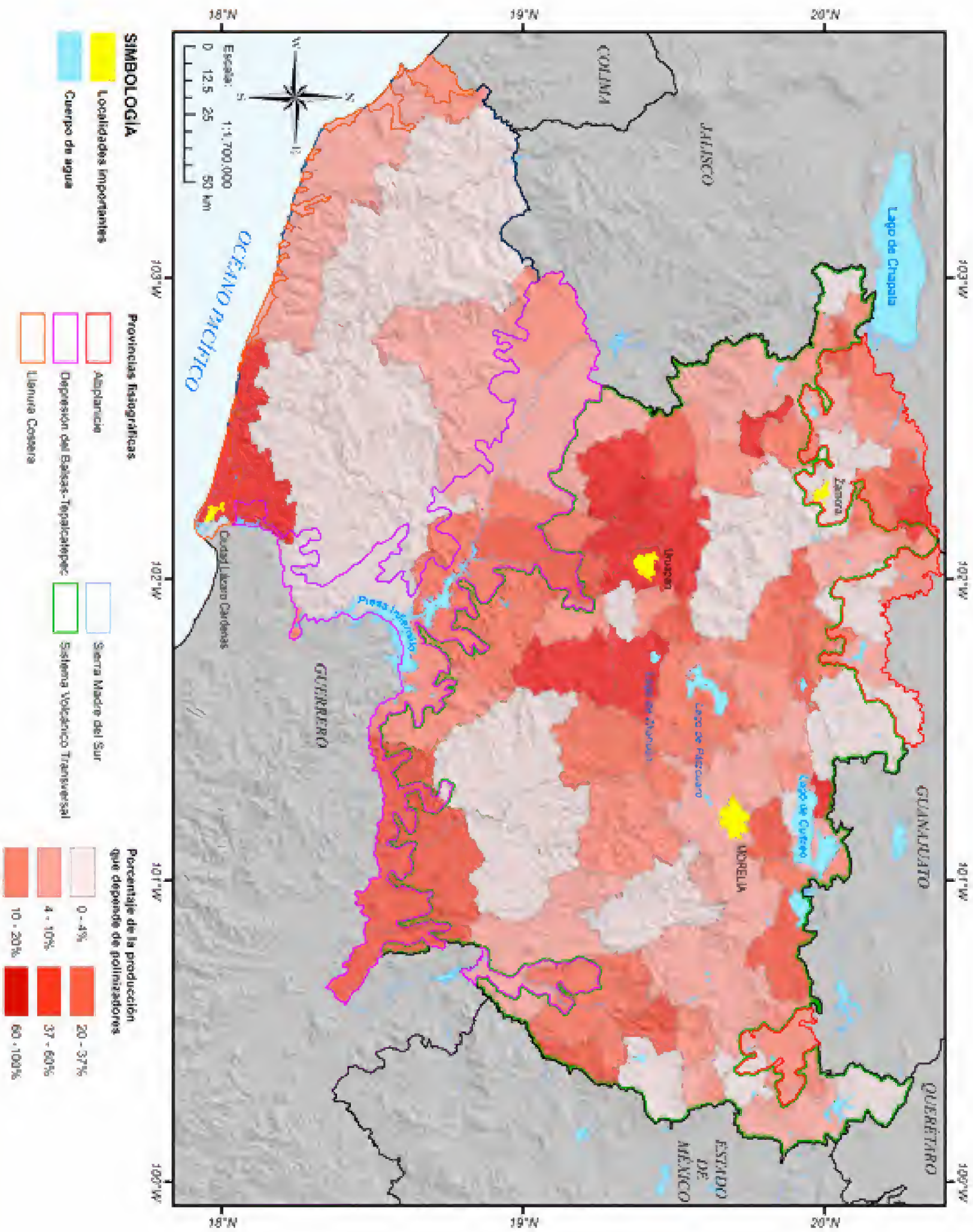


FIGURA 26. Porcentaje de la producción agrícola, por municipio, que corresponde a cultivos que dependen, al menos en parte, de abejas como polinizadores. Fuente: INEGI 1985, Balvanera *et al.* 2012, Porter *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

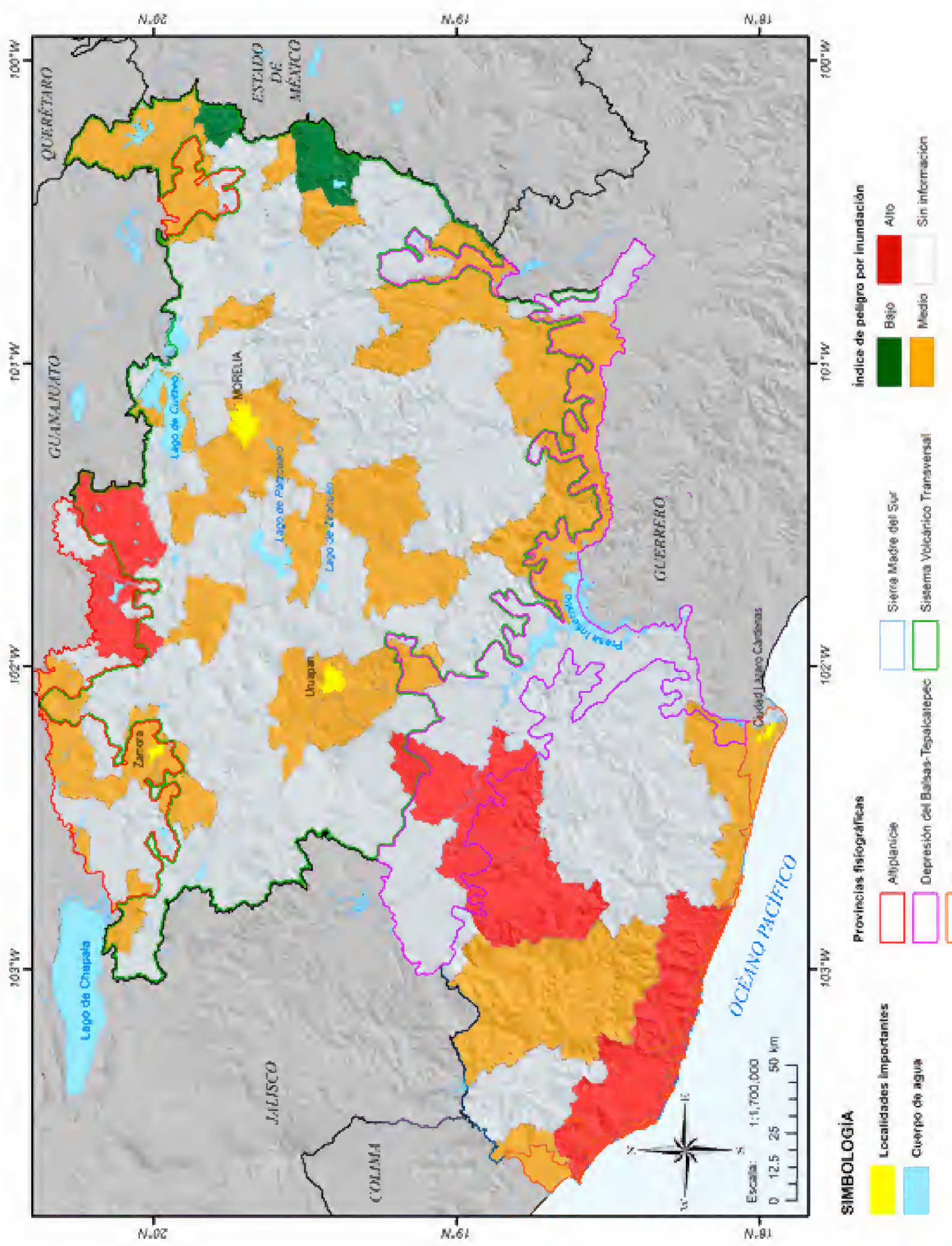


FIGURA 27. Índice de peligro por inundaciones a nivel municipal. Fuente: INEGI 1985, 2012; CENAPRED s/a.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Regulación climática

Los ecosistemas desempeñan un papel crucial en la regulación climática. Todas las plantas capturan bióxido de carbono (CO_2) a través de la fotosíntesis; específicamente las plantas leñosas lo almacenan en sus tejidos, contribuyendo a reducir las concentraciones de este elemento en la atmósfera, donde causa el efecto invernadero (IPCC 2000).

A pesar de que los estudios de este tipo son escasos para Michoacán, se ha reportado que los bosques de pino-encino son los que concentran el mayor contenido de carbono en suelos (Gueye 2010). También se ha encontrado que las especies de oyamel (*Abies religiosa*) y pino (*Pinus pseudostrobus*) tienen alto contenido y almacenamiento de carbono en su biomasa aérea (Fragoso 2003).

De 1990 al 2010, la deforestación en la entidad fue de 754 657 ha de bosques (40.14% con relación al total de superficie cubierta por este tipo de vegetación) y de 706 510 ha de selvas (38.93%; COFOM 2010), lo cual conduce a pérdidas importantes en los almacenes de carbono en el estado, así como en todos los servicios ecosistémicos que se han descrito durante este capítulo.

SERVICIOS CULTURALES

Los servicios culturales son los beneficios no tangibles que surgen, en forma de experiencias o capacidades, de las interacciones entre los seres humanos y los ecosistemas. Estos servicios incluyen el modo de vida, la recreación en espacios abiertos (p.e. ecoturismo), la inspiración artística, la educación ambiental, la ciencia, el mantenimiento del conocimiento tradicional y la cosmovisión (Balvanera *et al.* 2009).

Los ecosistemas de Michoacán ofrecen beneficios intangibles y de gran importancia para sus pobladores y visitantes; asimismo, son fundamentales para la identidad y modo de vida de los pobladores rurales. Esta vinculación ha sido reconocida en diversas expresiones culturales propias del estado, como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad. Por otra parte, han contribuido a la formación de numerosas generaciones de estudiantes de licenciaturas y de posgrados en la UMSNH y UNAM, ofreciendo oportunidades para la educación ambiental.

Michoacán ha sido fuente de inspiración de expresiones artísticas prehispánicas, coloniales y contemporáneas; además, brinda una oferta creciente de alternativas ecoturísticas. Una muestra de ello es lo que sucede en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en donde se han tratado de conjuntar nuevas alternativas para el sustento de las poblaciones rurales que habitan en la región con la protección del bosque y de su biodiversidad (véase Relevancia económica del ecoturismo en la RBMM, en esta obra). La actividad ecoturística se centra en la visita anual de la mariposa monarca (*Danaus plexippus plexippus*) que recorre más de tres mil kilómetros de Canadá a México. La protección de esta mariposa ha sido promovida por numerosos proyectos de conservación para la región, a través de diferentes organizaciones (WWF, CONABIO y a través de programas del gobierno federal). La cobertura vegetal, en los predios que participan en estos programas de conservación, se redujo en 1.85 ha de 2006 a 2007, mientras que en otras partes de la zona núcleo, donde no hay presencia de estas organizaciones, la degradación forestal fue de hasta 59.64 ha (López-García 2007). Alrededor de un millón de visitantes de distintas partes del país y del mundo acuden cada año a la región en la temporada de invierno (Merino 1996, Martín 2001, Brenner 2006). Estas visitas generan un ingreso por concepto de entrada a la reserva de 3.5 millones de pesos, más otros ingresos en venta de artesanía, alimentos, visitas guiadas o renta de caballos, entre otros servicios y productos que se ofrecen.

En general, la información referente a los servicios culturales en el estado está dispersa en una amplia gama de fuentes correspondientes a un gran número de disciplinas (ecología, antropología, etc.) y de sectores (académico, gubernamental, organizaciones no gubernamentales, ejidatarios, etc.), las cuales no fue posible compilar para este ejercicio.

CONCLUSIONES

Entender los servicios ecosistémicos que se dan al interior de las comunidades es comprender las interacciones complejas que apoyan o afectan la biodiversidad de los ecosistemas y el bienestar de los michoacanos.

Los resultados encontrados reflejan una tendencia de desarrollo centrada en la obtención de recursos económicos, pero no necesariamente dirigida a satisfacer las necesidades alimenticias, energéticas y de materiales básicos de su población. En este sentido, es necesario crear estrategias encaminadas a la recuperación de los ecosistemas naturales, sobre todo en la porción norte del estado, en donde la conversión de la vegetación natural a zonas de cultivos es evidente. Asimismo, es importante asegurar un buen manejo de los ecosistemas que aún persisten, con la finalidad de que los servicios que éstos brindan estén disponibles para las futuras generaciones, así como lo están ahora para las actividades productivas que demanda la población michoacana (cuadro 2). En un balance general se puede apreciar que la oferta de algunos servicios de provisión, que incluyen la producción de alimentos y bienes económicos, se han mantenido constantes o a la baja. En algunos casos se refleja un aumento en el valor comercial de productos como el aguacate, la leche, la carne, la madera y las resinas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los resultados aquí obtenidos también sugieren que la capacidad de los ecosistemas michoacanos de ofrecer servicios de regulación se está deteriorando (cuadro 2) ya que todos los servicios de regulación analizados muestran una tendencia a la baja. Además, y debido a la dependencia del aguacate a la polinización, al predecible aumento en la frecuencia de eventos extremos debido al cambio climático y el creciente interés por el ecoturismo, la demanda por estos servicios de regulación probablemente seguirá aumentando.

El aumento de las actividades productivas económicamente redituables en el estado se está dando a expensas de la biodiversidad existente, esto se debe a las complejas interrelaciones que hay entre el mantenimiento de la biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos. La magnitud de estas interrelaciones está dada por el tipo de actividad productiva, ya que algunas dependen de la biodiversidad y al mismo tiempo la afectan de forma negativa. Por ejemplo, para Michoacán el incremento en las actividades productivas con alto valor económico tiende a la reducción de la biodiversidad debido al cambio de uso del suelo y a la intensificación de dichas actividades (mayor uso de insumos, menor diversidad genética y de especies, acuacultura con especies con tendencias a desplazar a otras; cuadro 3).

Sin embargo, esas actividades dependen de la biodiversidad, al menos para la regulación de la calidad del suelo, de la calidad del agua y de la polinización. De la misma manera, el ecoturismo depende del mantenimiento de la biodiversidad, al menos de las especies apreciadas por los turistas, y en general los servicios culturales muestran aumento, sobre todo para el caso del ecoturismo. Así, una explotación irracional tiene como consecuencia la contaminación y extracción de especies debido a que se rebasa la capacidad de carga de los ecosistemas.

CUADRO 2. Tendencias en la oferta, consumo y valor de los servicios ecosistémicos en los últimos 20 años.

	Servicio ecosistémico	Oferta	Demanda	Valor
Provisión	Producción agrícola	➔		↑
	Producción ganadera	➔		↑
	Pesca	↓		➔
	Madera	↓		↑
	Resina	➔		↑
	Leña y carbón		↓	
	Disponibilidad de agua	↘	➔	
	Calidad de agua			
Regulación	Calidad de suelo	↓		
	Polinización	↘	↗	↑
	Eventos extremos	↘	↗	
Culturales	Culturales-Ecoturismo		↗	↗

↓: negativa, ↑: positiva, ↘: a la baja (evidencia indirecta o incompleta), ↗: al alza (evidencia indirecta o incompleta), ➔: se ha mantenido.
Fuente: Balvanera *et al*. 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Relación entre oferta de servicios y mantenimiento de la biodiversidad.

	Depende de la biodiversidad		Afecta a la biodiversidad	
Servicio	**Dirección**	**Tipo de organismo/ecosistema y mecanismo**	**Dirección**	**Tipo de organismo/ecosistema**
Producción agrícola	+	La diversidad genética de cultivos, riqueza de especies útiles, diversidad y composición de hongos, bacterias e invertebrados del suelo, contribuyen a aumentar los rendimientos agrícolas	–	Todas las especies que ven reducido su hábitat están amenazadas por el cambio de uso o por la degradación del suelo y de los cuerpos de agua en donde habitan
Producción ganadera	+	La riqueza de especies de pastos nativos, la diversidad y composición de hongos, bacterias e invertebrados del suelo, contribuyen al aumento en la producción de pastos forrajeros	–	Todas las especies que ven reducido su hábitat están seriamente amenazadas por el cambio de uso del suelo
Pesca	+	La pesca depende de la diversidad y abundancia de especies marinas y dulceacuícolas, del mantenimiento de manglares y otros hábitats que albergan las etapas tempranas de las especies útiles	–	La sobrepesca, la camaronicultura y la acuacultura de carpa y tilapia, conducen a la extinción de especies acuáticas locales. En sistemas dulceacuícolas la contaminación y especies exóticas amenazan su producción
Madera	+	A mayor diversidad de especies de árboles, de hongos, bacterias e invertebrados del suelo, mayor producción de madera	–	La sobrexplotación maderera conduce a la degradación del bosque y afecta a todas las especies que lo habitan
Resina		No existe información suficiente	–	La extracción daña a los árboles y los hace más susceptibles al fuego y a la penetración de plagas
Leña y carbón		No existe información suficiente	–	La sobrexplotación de leña y carbón conduce a la degradación del bosque y afecta a todas las especies que lo habitan
Disponibilidad de agua		No existen evidencias de una relación	–	La sobrexplotación de los cuerpos de agua afecta negativamente a todas las especies de los hábitats acuáticos y ribereños
Calidad de agua		No existen evidencias de una relación	–	La contaminación del agua afecta negativamente a todas las especies de los hábitats acuáticos y ribereños
Calidad de suelo	+	A mayor diversidad de hongos, bacterias e invertebrados del suelo, mayor es la regulación de la calidad del suelo		
Polinización	+	A mayor riqueza y abundancia de polinizadores nativos es mayor la polinización de cultivos agrícolas		

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

	Depende de la biodiversidad		Afecta a la biodiversidad	
Servicio	**Dirección**	**Tipo de organismo/ecosistema y mecanismo**	**Dirección**	**Tipo de organismo/ecosistema**
Eventos extremos	+	A mayor diversidad estructural mayor capacidad de regular los impactos de eventos de precipitación extremos		
Regulación climática	+	Absorción y acumulación de carbono contribuyendo a reducir las concentraciones de este elemento en la atmósfera, donde causa el efecto invernadero		
Culturales-ecoturismo	+	El ecoturismo depende de especies que pueden ser avistadas, como la mariposa monarca	–	Contaminación, extracción de especies, sobrexplotación en la capacidad de carga de visitantes

Fuente: Schulze y Mooney 1993, Tilman y Downing 1994, Cottingham *et al.* 2001, Lourens *et al.* 2002, Hooper *et al.* 2005, Balvanera *et al.* 2006, Cardinale *et al.* 2006, Hector y Bagchi 2007, Zhang *et al.* 2007, Ives y Carpenter 2008, Isbell *et al.* 2011, Paquette y Messier 2011, Mace *et al.* 2012, Maestre *et al.* 2012, Tilman *et al.* 2012, Balvanera *et al.* 2014.

Las poblaciones humanas en Michoacán reciben de los ecosistemas numerosos beneficios, como ya se ha documentado. Estos beneficios han cambiado a lo largo del tiempo, al ritmo de las demandas que la sociedad tiene, lo cual pone a los ecosistemas en una situación crítica de conservación, ya que la población humana está creciendo y en el futuro también demandará el sustento básico para sobrevivir (p.e. alimento, vestido, casa).

Esas necesidades tendrán que ser cubiertas por los diferentes ecosistemas, además de proveer servicios culturales y de regulación. En ese sentido, resaltar los servicios más importantes derivados de manera directa o indirecta de los ecosistemas presentes en Michoacán es llevar a la reflexión de la urgente necesidad de hacer un manejo sostenible de los recursos.

Se recomienda implementar mecanismos que involucren el reconocimiento y valoración de los servicios ecosistémicos, para así asegurar su mantenimiento. Será necesario generar un mejor entendimiento sobre esos servicios, difundir su importancia para los distintos sectores de la sociedad e incorporarlos explícitamente en el diseño de políticas públicas. Algunos ejemplos de alternativas incluyen estrategias como el pago por servicios ambientales, el desarrollo de un ecoturismo respetuoso de la biodiversidad y los servicios culturales asociados, la implementación de sistemas agrosilvopastoriles y el rescate de prácticas agropecuarias tradicionales que permitan conciliar el mantenimiento de la biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos de regulación con la producción agropecuaria.

Es fundamental revertir las tendencias actuales de desarrollo y deterioro. Hoy existe la tendencia de maximizar aquellos productos con gran valor comercial; sin embargo, es fundamental que además de satisfacer la demanda de la población, tanto michoacana como nacional, se busque mantener la capacidad de los ecosistemas en el mediano y largo plazo.

La evaluación presentada aquí es parcial y está limitada a la información accesible en las fuentes gubernamentales que fueron la base de esta aportación. A pesar del esfuerzo de las instituciones del gobierno por generar este tipo de información, aún hace falta un esquema que permita actualizar esos datos de manera relativamente pronta y efectiva; considerar que también hay servicios fundamentales que no están siendo monitoreados por instancias gubernamentales.

Un mejor entendimiento de los servicios ecosistémicos que brinda Michoacán ayudará en la toma de decisiones que permitan asegurar el mantenimiento del bienestar de los michoacanos en el largo plazo, mientras se preserva su valiosa biodiversidad. Los ecosistemas en el estado aun ofrecen muchos beneficios, por ello es importante asegurar su presencia.

REFERENCIAS

Balvanera, L.P., A.B. Pfisterer, N. Buchmann *et al.* 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9:1146-1156.

Balvanera, P. y H. Cotler. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica* 84-85:8-15.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Balvanera, P., H. Cotler, O. Aburto *et al.* 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: *Capital natural de México, Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio.* CONABIO, México, pp. 185-245.

Balvanera, P., F. Castellarini, C. Pacheco *et al.* 2012. *Servicios ecosistémicos en México: patrones, tendencias y prioridades de investigación.* CIEco-UNAM, Michoacán.

Balvanera, P., I. Siddique, L. Dee *et al.* 2014. Linking biodiversity and ecosystem services: current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience* 64:49-57.

Brenner, L. 2006. Áreas naturales protegidas y ecoturismo. El caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Relaciones* 105:236-265.

Cardinale, B.J., D.S. Srivastava, J.E. Duffy *et al.* 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443:989-992.

Castañeda-Vildózola, A., A. Equihua-Martínez, J. Valdés-Carrasco *et al.* 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:129-136.

CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. s/a. *Atlas nacional de riesgos.* CENAPRED, México.

CNA. Comisión Nacional de Agua. 1998. Cuencas hidrológicas, escala 1:250 000. CNA/CONABIO, México.

COFOM. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. 2010. Inventario forestal y de suelos del estado de Michoacán. COFOM, Michoacán.

CONABIO. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. 1998. Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO. Portal de Geoinformación-CONABIO. En: *<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>,* última consulta: abril de 2016.

——. 2012. Portal de Geoinformación-CONABIO. En: *<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>,* última consulta: abril de 2016.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2007. Regiones hidrológicas administrativas (Organismos de cuencas) escala 1:250000. Catálogo de metadatos geográficos, CONAGUA. En: *<http://www.conagua.gob.mx/atlas/contexto07.html>,* última consulta: abril de 2016.

——. 2010. Estadísticas del agua en México. CONAGUA, México.

——. 2011. Estadísticas del agua en México. CONAGUA, México.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2011. Anuario estadístico de acuacultura y pesca. CONAPESCA/SAGARPA, México.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2011. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. CONAPO, México.

Cotler, H. 2003. Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña. En: *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México.* O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). INE/SEMARNAT, México, pp. 153-162.

Cottingham, K.L., B.L. Brown y J.T. Lennon. 2001. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters* 4:72-85.

Chandrasekharan, C., T. Frisk y R.J. Campos. 1996. *Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe.* FAO, Santiago de Chile.

De Groot, R.S., M.A. Wilson y R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41:393-408.

Díaz, S., F.S. Chapin y D. Tilman. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biol* 4:e277.

Fragoso, L.P. 2003. *Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio Cerro Grande, municipio de Tancítaro, Michoacán, México.* Tesis de ingeniería agrícola. UMSNH, Morelia.

Galán, C., P. Balvanera y F. Castellarini. 2013. *Políticas públicas hacia la sustentabilidad: incorporando la visión ecosistémica.* CONABIO, México.

Ghilardi, A. 2006. *Existencia de leña en México a nivel municipal.* Escala 1:250 000. Extraído del proyecto FQ003 Servicios ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación. CIEco-UNAM campus Morelia, México.

Gueye, S.K. 2010. *Potencial de captura de carbón en suelos de laderas en la subcuenca del río Piricua en Tuxpan, Michoacán.* Tesis de maestría en geografía. UNAM, México.

Hector, A. y R. Bagchi. 2007. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature* 448:188-190.

Hooper, D.U., F.S. Chapin, J.J. Ewel *et al.* 2005. Effects of biodiversisty of ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monograhps* 75:3-35.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán. INEGI, México.

——. 1990. Censo General de Población y Vivienda 1990. INEGI, México.

——. 2000. Censo General de Población y Vivienda 2000. INEGI, México.

——. 2009. Censo Agropecuario 2007. VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. INEGI, México.

——. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Michoacán de Ocampo. INEGI, México.

——. 2012. Áreas Geoestadísticas Municipales, escala: 1:250 000. INEGI, México.

——. 2016. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Union), escala: 1:250 000. edición: 1. INEGI, México.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2000. IPCC Special Report: land use, land-use change, and forestry. Cambridge University Press, Reino Unido.

Isbell, F., V. Calcagno, A. Hector *et al.* 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystems services. *Nature* 477:199-202.

Ives, A.R. y S.R. Carpenter. 2008. Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317:58-62.

Landsberg, F., S. Ozment, M. Stickler *et al.* 2011. *Ecosystem services review for impacts assessment: Introduction and guide to scoping.* World Resources Institute Working Paper, Washington.

López-García, J. (ed.). 2007. *Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca* (2006-2007). Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca/WWF/FMCN, México.

Lourens, M., S. Naeem y P. Inchausti (eds.). 2002. *Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives.* Oxford University Press, EUA.

Maass, J.M., P. Balvanera, A. Castillo *et al.* 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10:17.

Mace, G.M., K. Norris y A.H. Fitter. 2012. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends and Ecology Evolutionary* 27:19-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Maestre, F.T., J.L. Quero, N.J. Gotelli *et al.* 2012. Plant species rinchess and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science* 335:214-218.

Martín, A. 2001. *Procesos de lucha y arreglos institucionales. El manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.* Tesis de maestría. Colegio de Michoacán, Zamora.

MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.* Island Press, Washington.

——. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis.* Island Press, Washington.

Méndez, R.J. 2012. *Plan rector apícola del estado de Michoacán.* Comité Estatal Sistema Producto Apícola de Michoacán, A.C., Morelia.

Merino, L. (ed.). 1996. *La Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca: problemáticas y perspectivas. Tomo I.* El Colegio de México, México.

Munro, R.A. 2011. Una industria con aroma a bosque: la resina de pino en Michoacán. *Divulgar para trasformar* 5:38-40.

Pacheco, C., U. Carrillo, H. Cotler *et al.* 2012. Balance entre la disponibilidad y consumo de agua, Escala 1:1 000 000. En: *Servicios ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación.* P. Balvanera, F. Castellarini, C. Pacheco *et al.* (eds). CIEco-UNAM, Michoacán.

Paquette, A. y C. Messier. 2011. The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests. *Global Ecology and Biogeography* 20:170-180.

Porter, L., C. Pacheco, U. Carrillo y P. Balvanera. 2012. Polinización. En: *Servicios ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación.* P. Balvanera, F. Castellarini, C. Pacheco *et al.* (eds). CIEco-UNAM, Michoacán.

PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2008. Informe Anual PROFEPA. SEMARNAT, México.

Quesada, A.M., G.V. Rosas, G.L. Letelier *et al.* 2010. Informe final del proyecto Evaluación de los impactos del cambio climático en polinizadores y sus consecuencias potenciales en el sector agrícola en México. CIEco-UNAM, Michoacán.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Situación actual y perspectivas de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias* 199:1-34.

——. 2012. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON): Agrícola, Pecuario y Pesquero. SAGARPA, México.

Sánchez T., E.G. 2010. Recursos hídricos y cambio climático. En: *México ante el cambio climático: evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación.* Greenpeace (ed.), México.

SCDB. Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. 2008. La biodiversidad y la agricultura: salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. PNUMA, Montreal.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. Degradación del suelo en la república mexicana. Escala 1:250 000. SEMARNAT/CONABIO, México.

——. 2011. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2011. SEMARNAT, México.

——. 2012. Estimación de la disponibilidad natural de agua: Compendio de estadísticas ambientales 2012. SEMARNAT, México.

Schulze, E.D. y H.A. Mooney (eds.). 1993. *Biodiversity and ecosystem function.* Springer-Verlag, Berlín.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. 2014. Producción agrícola 2013. SAGARPA, México.

Tilman, D. y J.A. Downing. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:363-365.

Tilman, D., P.B. Reich y F. Isbell. 2012. Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *Proceedings of the National Academy of Science* 109:10394-10397.

Zhang, W., T.H. Ricketts, C. Kremen *et al.* 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64:253-260.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Capacidad de los bosques para almacenar carbono en el suelo

FELIPE GARCÍA OLIVA, YUNUÉN TAPIA TORRES, RODRIGO VELÁZQUEZ DURÁN, JOSÉ DE JESÚS ALFONSO FUENTES JUNCO, RENÉ DAVID MARTÍNEZ BRAVO Y YOLANDA NAVA CRUZ

INTRODUCCIÓN

Recientemente, se ha reconocido la importancia de los ecosistemas para brindar una serie de servicios para el bienestar humano (Daily *et al.* 2000). Algunos de estos servicios, como los que ayudan a regular el clima y los ciclos globales de los nutrientes, no son tangibles pero son críticos para el funcionamiento del planeta (Mooney y Ehrlich 1997). Entre los principales servicios que ofrecen los ecosistemas forestales están la captura y la protección del carbono (C) almacenado, que depende directamente del tipo de vegetación y del suelo (Balbontín *et al.* 2009). Por ejemplo, el principal almacén de C en los bosques tropicales es la biomasa aérea (árboles y otro tipo de vegetación), mientras que en los ecosistemas templados es la materia orgánica humificada del suelo (García-Oliva *et al.* 2006). Por lo tanto, las características del suelo son importantes para definir la capacidad de retención de C; por ejemplo, suelos con texturas más finas retienen más C que suelos de texturas gruesas (Hassink 1997). La captura de C es importante, ya que es el único mecanismo reconocido que permite reducir la concentración del C en la atmósfera y, por tanto, mitigar las emisiones de los principales gases de efecto invernadero (GEI).

La conservación y manejo de los bosques son consideradas actividades prioritarias en las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático global, desde el Protocolo de Kioto (Watson *et al.* 2000); por ello, es importante diagnosticar cuánto C contienen los diferentes ecosistemas forestales, como requisito para diseñar estrategias que permitan reducir la concentración de GEI. Para diagnosticar cuánto C está almacenado en los bosques es necesario cuantificar el acumulado en la biomasa, así como el que está en el suelo (García-Oliva y Masera 2004).

El área forestal de Michoacán en 2007 abarcaba 34 171 km^2 (Martínez *et al.* 2012), lo que representaba 58% de la superficie estatal. Desafortunadamente, los bosques están bajo una fuerte presión de degradación; Martínez *et al.* (2012) calcularon una tasa de deforestación de 11 080 km^2/año entre 2002 y 2007. Esta pérdida de los bosques se ha traducido en una emisión de 19 806 Gg[1] en equivalentes de bióxido de carbono (CO_2), representando 47% de las emisiones totales del estado para 2007 (Martínez *et al.* 2012).

García-Oliva, F., Y. Tapia-Torres, R. Velázquez-Durán, J.J. Fuentes Junco, R. Martínez-Bravo y Y. Nava-Cruz. 2019. Capacidad de los bosques para almacenar carbono en el suelo. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 227-235.

[1]Gigagramo: mil toneladas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Bajo este contexto, en la presente contribución se muestran estimaciones a escala local de la capacidad que tienen los suelos para capturar C asociado a cada tipo de vegetación del sector forestal, considerando específicamente la cuenca de Cuitzeo que abarca 21 municipios de Michoacán y cinco de Guanajuato (cuadro 1), en bosques templados distribuidos en la meseta Purépecha, y a escala de todo el estado. Estos trabajos se realizaron gracias al financiamiento de los siguientes proyectos: Manejo de ecosistemas y desarrollo humano en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán (UNAM) e Inventario de gases de efecto invernadero y escenarios del cambio climático global en Michoacán (Fondo Mixto Michoacán-CONACYT).

ESCALA LOCAL

El carbono orgánico del suelo (COS) es producto de la descomposición de la materia orgánica que ingresa a éste (principalmente de origen vegetal) y es transformada a compuestos orgánicos humificados que se estabilizan en el suelo. Para cuantificar la cantidad de COS almacenado en los principales tipos de vegetación en la cuenca de Cuitzeo, se seleccionaron 43 sitios en los que se tomaron muestras del primer metro de profundidad del suelo. Los suelos dominantes, en orden de importancia por la superficie ocupada, fueron Vertisol, Luvisol y Andosol, los cuales se encuentran en todos los tipos de vegetación presentes en la cuenca (cuadro 2).

CUADRO 1. Municipios que se encuentran en la cuenca del lago de Cuitzeo.

Michoacán	Guanajuato
Acuitzio	Acámbaro
Álvaro Obregón	Moroleón
Copándaro	Salvatierra
Cuitzeo	Uriangato
Charo	Yuriria
Chucándiro	
Hidalgo	
Huandacareo	
Huaniqueo	
Huiramba	
Indaparapeo	
Lagunillas	
Villa Madero	
Morelia	
Morelos	
Pátzcuaro	
Queréndaro	
Quiroga	
Santa Ana Maya	
Tarímbaro	
Zinapécuaro	

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2. Tipos de suelos y contenidos de COS por tipo de vegetación en fragmentos forestales en la cuenca de Cuitzeo.

Tipo de vegetación	Tipos de suelo	Número de sitios	COS (Mg/ha)
Bosque de oyamel	T	1	197
Bosque de pino	T, L, V	5	276-28
Bosque mixto	T, L, V	7	259-55
Bosque de encino	T, L, V, H	9	256-65
Selva baja	B, W, V	3	98-64
Matorral	A, H, L, V, R	18	218-55

T: Andosol, L: Luvisol, V: Vertisol, H: Feozem, B: Cambisol, W: Planosol, A: Acrisol, R: Regosol, Mg: megagramos (mil kilogramos).
Fuente: elaboración propia.

Al ordenar los sitios por tipo de vegetación, los contenidos promedio de COS de los bosques templados de la cuenca están por encima de 100 megagramos por hectárea (Mg/ha; figura 1); sin embargo, debido a la relativa alta variación de los valores entre los fragmentos, no se detectaron diferencias entre estos bosques ($F= 0.97$, $p= 0.43$[2]). Esos resultados coinciden con lo reportado por Ordóñez *et al.* (2008), quienes no encontraron diferencias en los contenidos del COS asociado a los bosques templados en la meseta Purépecha, presentando un rango de contenidos entre 93 y 116 Mg/ha. Los valores de COS encontrados en los bosques de la cuenca de Cuitzeo están por arriba de los reportados para tipos de bosques similares en México. Por ejemplo, Balbontín *et al.* (2009) estimaron valores de 79 y 60 Mg/ha para bosques de coníferas y encinos, respectivamente. Como era de esperarse, los valores encontrados en los bosques templados de la cuenca de Cuitzeo son menores a los reportados para bosques húmedos tropicales y húmedos templados (169 y 163 Mg/ha, respectivamente; Balbontín *et al.* 2009). En

[2]F= estadístico de Fisher y p= probabilidad del error estadístico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

contraste, el COS contenido en el suelo de la selva baja de la cuenca es casi la mitad que de los bosques templados (figura 1) y es parecido a los valores reportados para los promedios nacionales (77 Mg/ha; Balbontín *et al.* 2009). De lo anterior se puede concluir que los fragmentos forestales de la cuenca tienen una cantidad de C almacenado en el suelo considerado como los valores más altos a nivel nacional y por debajo de los valores de los suelos de la península de Yucatán (Balbontín *et al.* 2009). Esto significa que los bosques michoacanos representan almacenes importantes de C a nivel nacional, los cuales se pueden perder debido a la deforestación, pudiendo representar una fuente importante de emisiones de C a la atmósfera.

Cuando se ordenan los contenidos de COS en función de los tipos de suelos, los patrones son más claros (figura 2). De los suelos dominantes en la cuenca de Cuitzeo, el Andosol presenta contenidos mayores de COS que el Vertisol y el Luvisol, mientras que los que presentan los menores contenidos son el Regosol y el Cambisol (figura 2). Los valores más altos de COS en suelo de Andosol están asociados a bosques mixtos o de pinos (259 y 276 Mg/ha, respectivamente), mientras que los valores más bajos corresponden al bosque de encino (86 Mg/ha). Este patrón también se presenta en los vertisoles, los mayores contenidos de COS están en suelos asociados a bosques de pino (223 Mg/ha), mientras que los suelos asociados a bosques de encino y matorrales presentan valores más bajos (82 y 65 Mg/ha). Estos resultados sugieren que no sólo el tipo de suelo es importante para estabilizar el COS, sino que también la vegetación es primordial, ya que representa la principal fuente de entrada de carbono orgánico al suelo y, por tanto, define la cantidad de C que se incorporará.

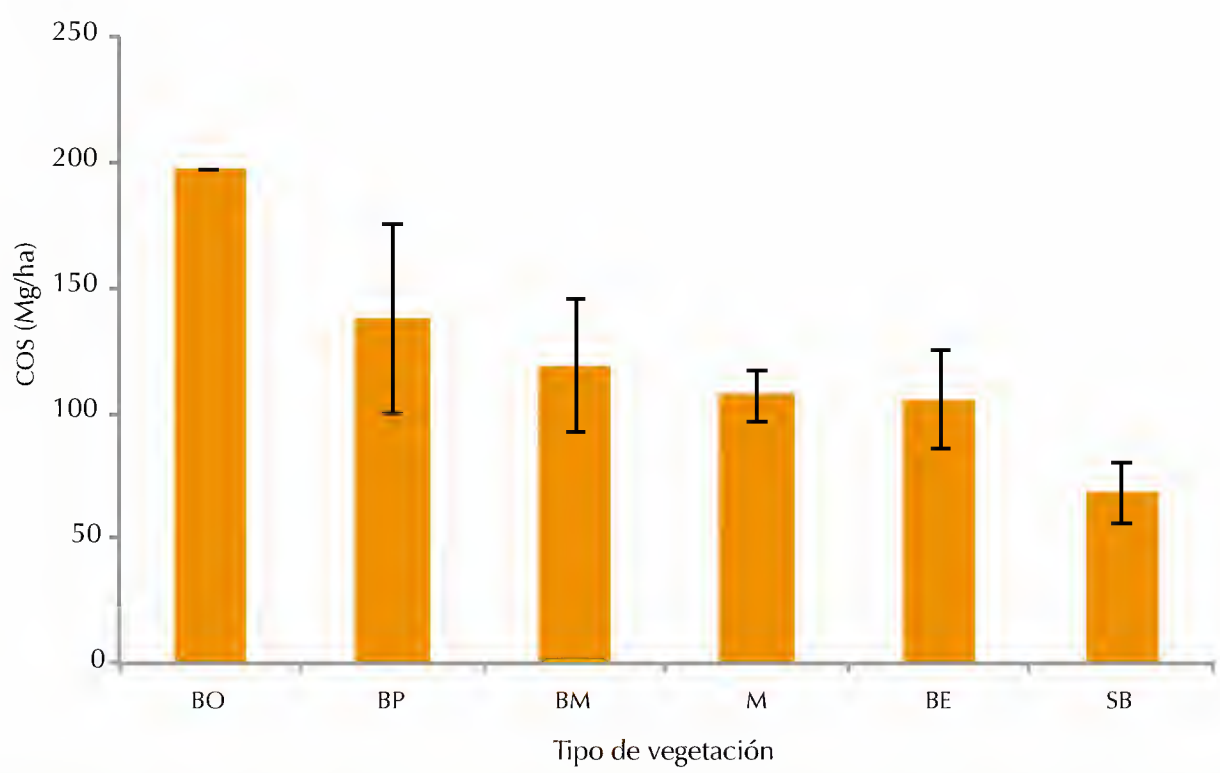


FIGURA 1. Carbono orgánico (COS) almacenado en el suelo, por tipo de vegetación, en fragmentos forestales de la cuenca de Cuitzeo. BO: bosque de oyamel, BP: bosque de pino, BM: bosque mixto, M: matorral, BE: bosque de encino, SB: selva baja. Fuente: elaboración propia.

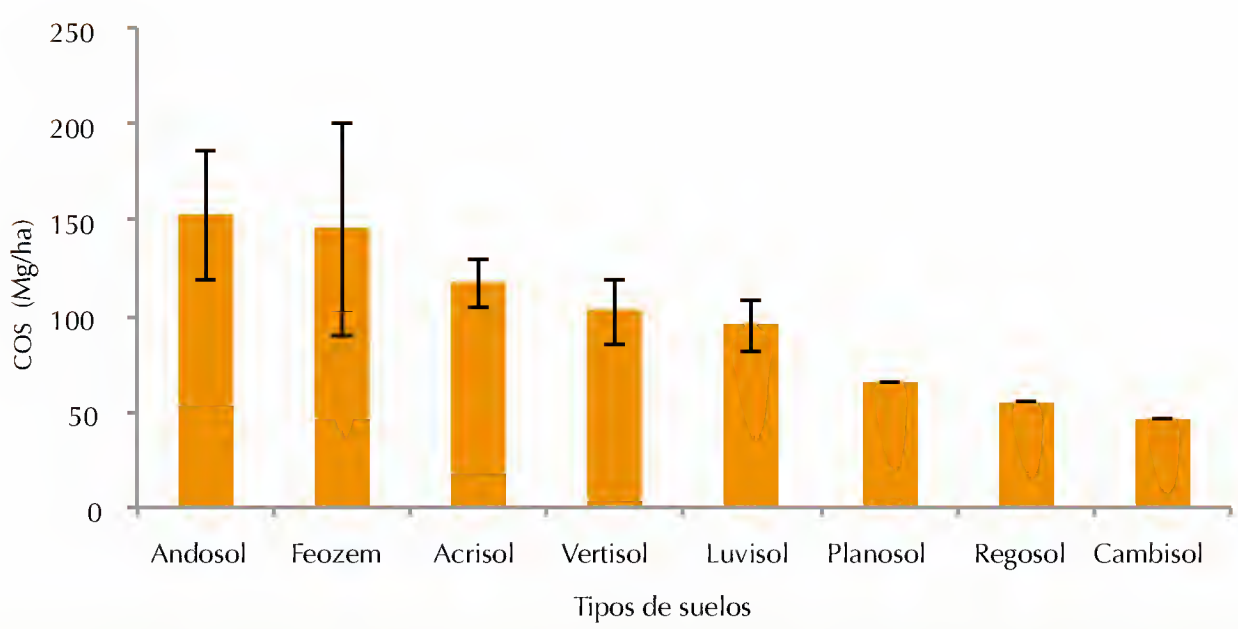


FIGURA 2. Contenidos de carbono orgánico (COS) por tipo de suelo en fragmentos forestales de la cuenca de Cuitzeo. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESCALA ESTATAL

En lo que respecta al contenido de carbono en la biomasa aérea, Martínez *et al.* (2012) estimaron que en total los bosques almacenan 179 469 Gg de carbono (cuadro 3). Los bosques de encino primario son los que tienen la mayor cantidad de C almacenado por unidad de área (92.5 Mg/ha), mientras que la selva mediana secundaria y baja secundaria presentan los valores más bajos con 16.0 y 15.5 Mg/ha, respectivamente; sin embargo, si se considera el área que ocupa cada tipo de bosque, los bosques mixtos contienen 45 891 Gg, lo que representa 25.6% del contenido total del C en la biomasa aérea de los bosques michoacanos, seguido por los bosques de pino con 34 488 Gg, representando 19.2% del total (cuadro 3).

Asimismo, la superficie que ocupa la vegetación secundaria puede representar aquella que potencialmente capture carbono. Martínez *et al.* (2012) estimaron que en promedio hay un potencial de captura de 16 Mg/ha adicionales para la vegetación secundaria; esta cifra se calcula como la diferencia entre el valor del contenido del carbono de la vegetación primaria y el de su condición secundaria (cuadro 3). El resultado de este cálculo es una captura potencial de 48 048 Gg, si se alcanzara biomasa similar a la de la vegetación primaria.

Para estimar la capacidad potencial que tienen los suelos para almacenar C asociado a los diferentes tipos de vegetación del sector forestal del estado, se utilizó un mapa de suelo (INEGI 1996) y uno de vegetación (INEGI 2005).

Se realizó un cruce de mapas por medio de un sistema de información geográfica, para obtener una tabla de atributos con los valores de contenidos de COS reportados por Balbontín *et al.* (2009) y por Etchevers *et al.* (2006), los cuales fueron utilizados para estimar los contenidos de C almacenado en los diferentes tipos de suelo presentes en el estado (cuadro 4).

Con la finalidad de tener un mejor enfoque a nivel estatal sobre los sistemas forestales, sólo se utilizaron los valores correspondientes a los bosques presentes en Michoacán, dejando fuera los datos correspondientes a las zonas agrícolas, áreas sin vegetación, asentamientos humanos y otro tipo de coberturas vegetales no forestales (cuadro 4). Finalmente, con los datos calculados se generó un mapa de la distribución de los contenidos potenciales de COS asociado a los bosques del estado (figura 3).

De los diferentes tipos de cobertura forestal presentes en Michoacán, se observó que la selva baja, el bosque mixto y el bosque de pino son los que presentaron la mayor extensión (figura 4). La primera presentó valores bajos de contenidos de COS por unidad de área (cuadro 4). Los contenidos promedios de COS para los bosques mixto y de pino fueron mayores a 100 Mg/ha y debido a la variación al interior de cada bosque no se observó diferencia entre ellos (cuadro 4; figura 5). Este resultado coincide con lo observado por Ordóñez *et al.* (2008) en la cuenca de Cuitzeo y en la meseta Purépecha.

CUADRO 3. Cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de los diferentes bosques de Michoacán.

Usos de suelo y vegetación	Carbono almacenado (Mg/ha)	Superficie (ha)	Total (Gg)	%
Bosque de encino primario	92.5	180 169	16 665	9.3
Bosque de encino secundario	78.0	183 210	14 290	8.0
Bosque mixto secundario	72.0	202 264	14 563	8.1
Bosque mixto primario	58.5	535 537	31 328	17.5
Bosque de pino primario	68.5	382 620	26 209	14.6
Bosque de pino secundario	58.0	142 746	8 279	4.6
Selva mediana primaria	52.0	79 314	4 124	2.3
Selva baja primaria	18.5	737 941	13 651	7.6
Selva mediana secundaria	16.0	68 622	1 098	0.6
Selva baja secundaria	15.5	904 668	14 022	7.8
Agrícola, pecuaria y plantaciones forestales	19.0	1 854 768	35 240	19.6
Total	**582.5**	**5 271 859**	**179 469**	**100.0**

Fuente: Martínez *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

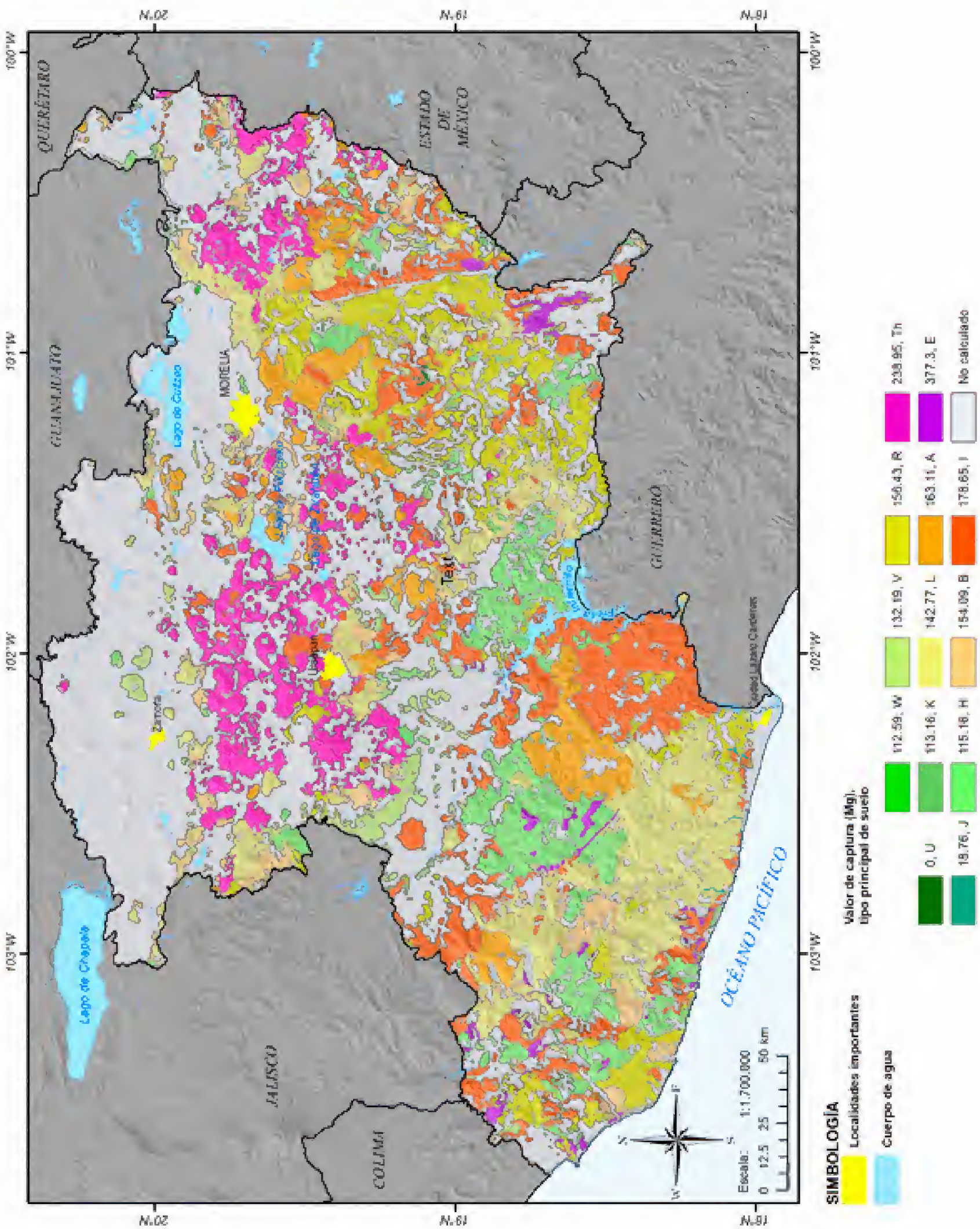


FIGURA 3. Promedios de los contenidos potenciales de COS (Mg/ha). Fuente: elaboración propia con base en INEGI 1996, 2005.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Contenido potencial de COS (Mg/ha) por tipo de vegetación y suelo.

Tipo de suelo	Vegetación						
	BE	BO	BP	BMX	BM	SB	SM
A	163	163	163	163	163	163	163
B	154		154	154		154	154
E	377		377	377	377	377	377
G	181						
H	115	115	115	115		115	115
I	179	179	179	179	179	179	179
J						19	19
K						113	
L	143	143	143	143	143	143	143
O	488						
R	156		156	156	156	156	156
Th	239	239	239	239	239	239	
Tm	208	208	208	208	208	208	
V	132		132	132	132	132	132
W	113			113			
Z			94.91				
Promedio	203.43	174.13	178.12	179.74	199.41	166.31	159.54
ee	30.43	18.24	23.29	22.77	28.23	24.77	31.34

A: Acrisol, B: Cambisol, E: Rendzina, G: Gleysol, H: Feozem, I: Litosol, J: Fluvisol, K: Castañozem, L: Luvisol, O: Histosol, R: Regosol, Th: Andosol háplico, Tm: Andosol mólico, V: Vertisol, W: Planosol, Z: Solonchak, BE: bosque de encino, BO: bosque de oyamel, BP: bosque de pino, BMX: bosque mixto, BM: bosque mesófilo, SB: selva baja, SM: selva mediana, ee: error estándar.
Fuente: Balbontín *et al.* 2009, Etchevers *et al.* 2006.

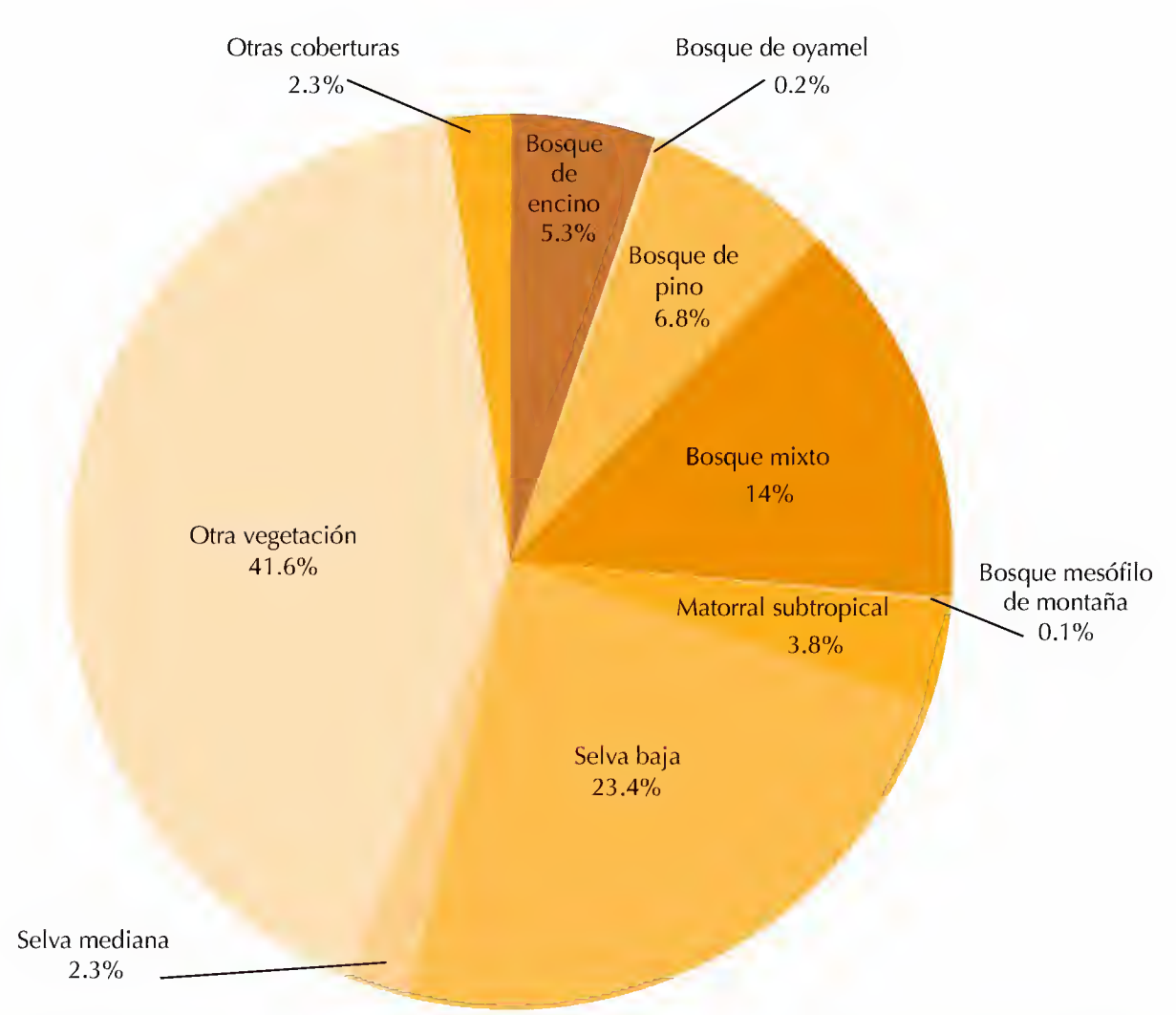


FIGURA 4. Proporción de los diferentes tipos de coberturas forestales presentes en el estado. Fuente: INEGI 2005.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

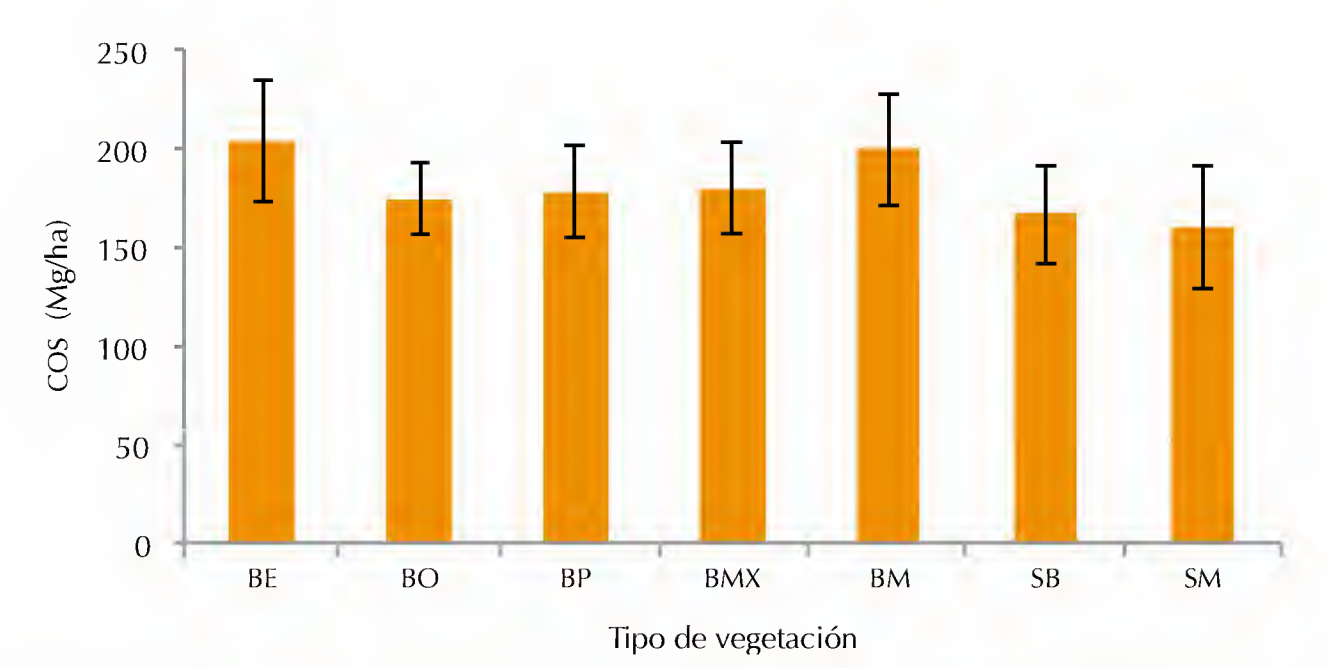


FIGURA 5. Contenido potencial de carbono orgánico almacenado en el suelo (COS), por tipo de vegetación, en el estado. BE: bosque de encino, BO: bosque de oyamel, BP: bosque de pino, BMX: bosque mixto, BM: bosque mesófilo, SB: selva baja, SM: selva mediana. Fuente: elaboración propia con base en INEGI 1996, 2005.

Los tres tipos de suelos presentes en los siete sistemas forestales fueron Acrisol, Litosol y Luvisol, seguido por cinco tipos de suelo de seis bosques (Rendzina, Feozem, Regosol, Andosol y Vertisol; cuadro 4). A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la cantidad potencial de COS de los bosques a escala estatal es alta, siguiendo el mismo patrón que los fragmentos forestales en la cuenca de Cuitzeo. Estos resultados sugieren que los bosques michoacanos contienen altas cantidades de C almacenado en el suelo.

El valor total de COS que potencialmente está almacenado en los suelos de los sistemas forestales de Michoacán es de 547 532 Gg, siendo 13 veces mayor al valor estimado de las emisiones totales de GEI en el estado en el 2005 (42 176 Gg en equivalentes de CO_2, García-Oliva y Lara 2012) y similar a las emisiones de la categoría de energía a nivel nacional en el 2010 (503 817 Gg en equivalentes de CO_2; INE 2012). Los mayores contenidos de COS están asociados a la selva baja (217 060 Gg) y el bosque mixto (143 206 Gg), representando 39.6% y 26.2% del contenido estatal, respectivamente (cuadro 5). Ambos bosques también presentan la mayor proporción de área ocupada en Michoacán (figura 4).

En relación a los tipos de suelos, los litosoles (112 082 Gg), acrisoles (90 646 Gg) y luvisoles (84 868 Gg) representan 20.5%, 16.6% y 15.5% de los contenidos totales de COS de los suelos forestales del estado, respectivamente (cuadro 5). Sin embargo, la importancia relativa cambia de acuerdo con cada tipo de bosque. En el caso de la selva baja, 34.6% del contenido de COS (o 75 134.6 Gg) corresponde a los litosoles. Mientras que, en el bosque mixto, los tipos de suelo que tienen mayores contenidos de COS son los andosoles y luvisoles, representando 24% (33 979 Gg) y 23% (32 587 Gg), respectivamente. Por su parte, los luvisoles tienen 26.5% de los contenidos de COS (17 675 Gg) en los bosques de pinos y a los acrisoles les corresponde 54.4% (51 240 Gg) en los bosques de encinos (cuadro 5).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo muestran que los bosques michoacanos pueden almacenar 727 001 Gg de C en la biomasa aérea y en el suelo (cuadros 3 y 5), donde el suelo contiene 75.3% de este valor. Lo anterior sugiere que es el almacén más importante de C, lo cual es característico de los ecosistemas templados (García-Oliva *et al.* 2006). Por ello, es importante diseñar estrategias de conservación y restauración para mitigar las emisiones de GEI a nivel estatal; esto último, es un valor agregado a los beneficios de la conservación de la biodiversidad y puede tener impacto en los ciclos globales de los nutrientes.

Los datos potenciales de contenidos de COS pueden definir cuáles son los sitios críticos para conservar los bosques y proteger así el C que está almacenado en estos ecosistemas. La zona que destaca por su mayor contenido de carbono en el suelo es la meseta Purépecha, en particular el municipio de Tancítaro. En segundo lugar está la vertiente interior de la Sierra Madre del Sur, la cual también presenta datos mayores a 150 Mg/ha. En estos dos sitios dominan los bosques mixtos y de encino (figura 3), lo cual sugiere que la conservación de estos bosques es crítica para evitar el incremento de GEI. Desafortunadamente, son los bosques templados los que presentan una mayor tasa de deforestación, lo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Cantidad potencial de COS por tipos de suelos y tipos de vegetación en el estado. Los valores se muestran en gigagramos y porcentaje (valores entre paréntesis).

Tipo de suelo	Vegetación							
	BE	BO	BP	BMX	BM	SB	SM	Total
A	51 240.4 (54.4)	174.6 (7.8)	4 072.8 (6.1)	21 378.8 (14.9)	279.7 (17.3)	13 380.7 (6.2)	118.9 (0.5)	**90 646** (16.6)
B	1 026.5 (1.1)	0	1 583.7 (2.4)	1 862.6 (1.3)	0	6 836.0 (3.1)	372.7 (1.7)	**11 682** (2.1)
E	207.8 (0.2)	0	4 165.0 (6.2)	1 538.6 (1.1)	32.0 (2.0)	12 150.9 (5.6)	3 568.8 (15.9)	**21 663** (4.0)
G	1.8 (0)	0	0	0	0	0	0	**1.8** (0)
H	4 768.5 (5.1)	5.0 (0.2)	9 470.0 (14.2)	4 003.1 (2.8)		25 240.7 (11.6)	3 849.3 (17.1)	**47 337** (8.6)
I	11 173.1 (11.9)	0.1 (0)	5 396.1 (8.1)	13 780.1 (9.6)	84.3 (5.2)	75 134.6 (34.6)	6 513.9 (29.0)	**112 082** (20.5)
J	0	0	0	0	0	81.1 (0)	12.9 (0.1)	**94** (0)
K	0	0	0	0	0	257.2 (0.1)	0	**257** (0)
L	8 693.1 (9.2)	325.5 (14.5)	17 675.0 (26.5)	32 587.1 (22.8)	245.7 (15.2)	21 937.6 (10.1)	3 404.4 (15.2)	**84 868** (15.5)
O	14.1 (0)	0	0	0	0	0	0	**14** (0)
R	9 156.3 (9.7)	0	1 775.7 (2.7)	9 225.9 (6.4)	108.7 (6.7)	50 046.8 (23.1)	4 493.2 (20.0)	**74 807** (13.7)
Th	1 264.0 (1.3)	501.7 (22.4)	10 541.0 (15.8)	23 873.2 (16.7)	613.8 (37.9)	81.7 (0)	0	**36 875** (6.7)
Tm	3 283.6 (3.5)	1 235.6 (55.1)	11 969.2 (17.9)	33 979.3 (23.7)	253.3 (15.7)	874.9 (0.4)	0	**51 596** (9.4)
V	3 380.4 (3.6)	0	51.2 (0.1)	893.3 (0.6)	0.3 (0)	11 037.8 (5.1)	125.3 (0.6)	**15 488** (2.8)
W	36.3 (0)	0	0	83.9 (0.1)	0	0	0	**120** (0)
Z	0	0	0.5 (0)	0	0	0	0	**0.5** (0)
Total	**94 246** (17.2)	**2 243** (0.4)	**66 700** (12.2)	**143 206** (26.2)	**1 618** (0.3)	**217 060** (39.6)	**22 459** (4.1)	**547 532** (100)

A: Acrisol, B: Cambisol, E: Rendzina, G: Gleysol, H: Feozem, I: Litosol, J: Fluvisol, K: Castañozem, L: Luvisol, O: Histosol, R: Regosol, Th: Andosol háplico, Tm: Andosol mólico, V: Vertisol, W: Planosol, Z: Solonchak, BE: bosque de encino, BO: bosque de oyamel, BP: bosque de pino, BMX: bosque mixto, BM: bosque mesófilo, SB: selva baja, SM: selva mediana.
Fuente: elaboración propia con base en INEGI 1996, 2005.

cual representa un componente importante de las emisiones de GEI a nivel estatal (Martínez *et al.* 2012). Por lo anterior, la conservación de estos bosques –además de proteger la biodiversidad– juega un papel muy importante en mantener los servicios ambientales y, en particular, evitar que se incrementen las emisiones de GEI.

REFERENCIAS

Balbontín, C., C.O. Cruz, F. Paz y J.D. Etchevers. 2009. Soil carbon sequestration in different ecoregions of Mexico. En: *Soil carbon sequestration and the greenhose effect.* R. Lal y R.F. Follet (eds.). Soil Science Society of America Special publication 57, Madison, pp. 71-96.

Daily, G.C., T. Söderqvist, S. Aniyar *et al.* 2000. The value of nature and the nature of value. *Science* 289:395-396.

Etchevers, J.D., O. Masera, C. Balbontín *et al.* 2006. Soil carbon sequestration in Mexico and Central America (Biome A). En: *Carbon sequestration in soils of Latin America.* R. Lal, C.C. Cerri, M. Bernoux *et al.* (eds.). Food Product Press/Harworth, Nueva York, pp. 119-146.

García-Oliva, F. y O. Masera. 2004. Assessments and measurements issues related to soil carbon sequestration in land-use, land-use change, and forestry (LULUCF) projects under the Kyoto Protocol. *Climate Change* 65:347-364.

García-Oliva, F., G. Hernández y J.F. Gallardo. 2006. Comparison of ecosystem C pools in three forests in Spain and Latin America. *Annals of Forest Science* 63:519-523.

García-Oliva, F. y L.I. Lara. 2012. *Inventario de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán de Ocampo (1990-2005).* Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del estado de Michoacán, Morelia.

Hassink, J. 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil* 191:77-87.

INE. Instituto Nacional de Ecología. 2012. México. Quinta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INE/SEMARNAT, México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1996. Carta Edafológica de los Estados Unidos Mexicanos a escala 1:250 000 (versión digital). INEGI, México.

——. 2005. Cartografía Digital del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Conjunto nacional de uso del suelo y vegetación a escala 1:250 000. Serie III. INEGI, México.

Martínez, R., Y. Nava, P. Patiño *et al.* 2012. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán en la categoría de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura. En: *Inventario de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán de Ocampo*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(1990-2005). F. García-Oliva y L.I. Lara (eds.). Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del estado de Michoacán, Morelia, pp. 222-294.

Mooney, H.A. y P.R. Ehrlich. 1997. Ecosystem services: a fragmentary history. En: *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems.* G.C. Daily (ed.). Island Press, Washington, pp. 11-19.

Ordóñez J., A.B., B.H.J. de Jong, F. García-Oliva *et al.* 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255:2074-2084.

Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin *et al.* 2000. *Land use, land-use change, and forestry. Intergubernamental Panel on Climate Change (IPCC).* Cambridge University Press, Nueva York.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Relevancia económica del ecoturismo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca

LUDGER BRENNER

EL VALOR ECONÓMICO DEL USO DE LA BIODIVERSIDAD

Durante las últimas dos décadas, la discusión acerca de los costos y beneficios económicos de la conservación de la biodiversidad en áreas naturales protegidas (ANP) ha cobrado cada vez más importancia. Se pueden distinguir tres clases de costos que pueden obstaculizar la creación y gestión eficaz de una ANP (Job 2012): los directos (relacionados con su administración); los indirectos (p.e. daños causados por animales silvestres fuera de las zonas protegidas); y los de oportunidad (como las pérdidas económicas a raíz de la prohibición de la tala). Con respecto a la última categoría, conviene diferenciar entre los costos relacionados con las limitaciones del aprovechamiento tradicional de los recursos naturales (como el uso forestal o la caza), y aquellos que se derivan de las limitaciones de uso tecnológico de ciertos elementos de los ecosistemas (como la construcción de hidroeléctricas), generalmente vedado por la legislación ambiental. Vale la pena mencionar que los costos de oportunidad a menudo son asumidos de forma forzosa por las poblaciones locales que residen en los entornos de las ANP (Job 2012); un asunto polémico que contrarresta su aceptación social.

No obstante, la biodiversidad contenida en las ANP también genera diferentes tipos de beneficios notables para los seres humanos, y están relacionados con las diversas funciones que desempeñan los ecosistemas. Para determinar con mayor exactitud dichos valores, en términos económicos, se han propuesto diferentes métodos (Farley y Costanza 2010). Cabe resaltar en este contexto que la cuantificación de los beneficios proporciona una serie de argumentos para promover la conservación de la biodiversidad y, por ende, la aceptación de las ANP por parte de las comunidades que las habitan (Job 2012). Si se centra la atención en las diferentes categorías de valores asociados con la biodiversidad propia de dichas áreas, se pueden distinguir dos componentes del valor económico total; los valores del uso y no uso (figura 1). Dentro del primer grupo conviene diferenciar nuevamente entre los valores de uso directo, uso indirecto y los valores de opción. Los beneficios que resultan del uso directo de los ecosistemas son los más evidentes y relativamente fáciles de cuantificar: los ingresos obtenidos mediante el turismo, la ganadería, la agricultura y la explotación forestal; entre otras cosas, son medibles en términos monetarios, ya que son cotizados en mercados establecidos (Chape *et al.* 2008).

Brenner, L. 2019. Relevancia económica del ecoturismo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 237-244.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

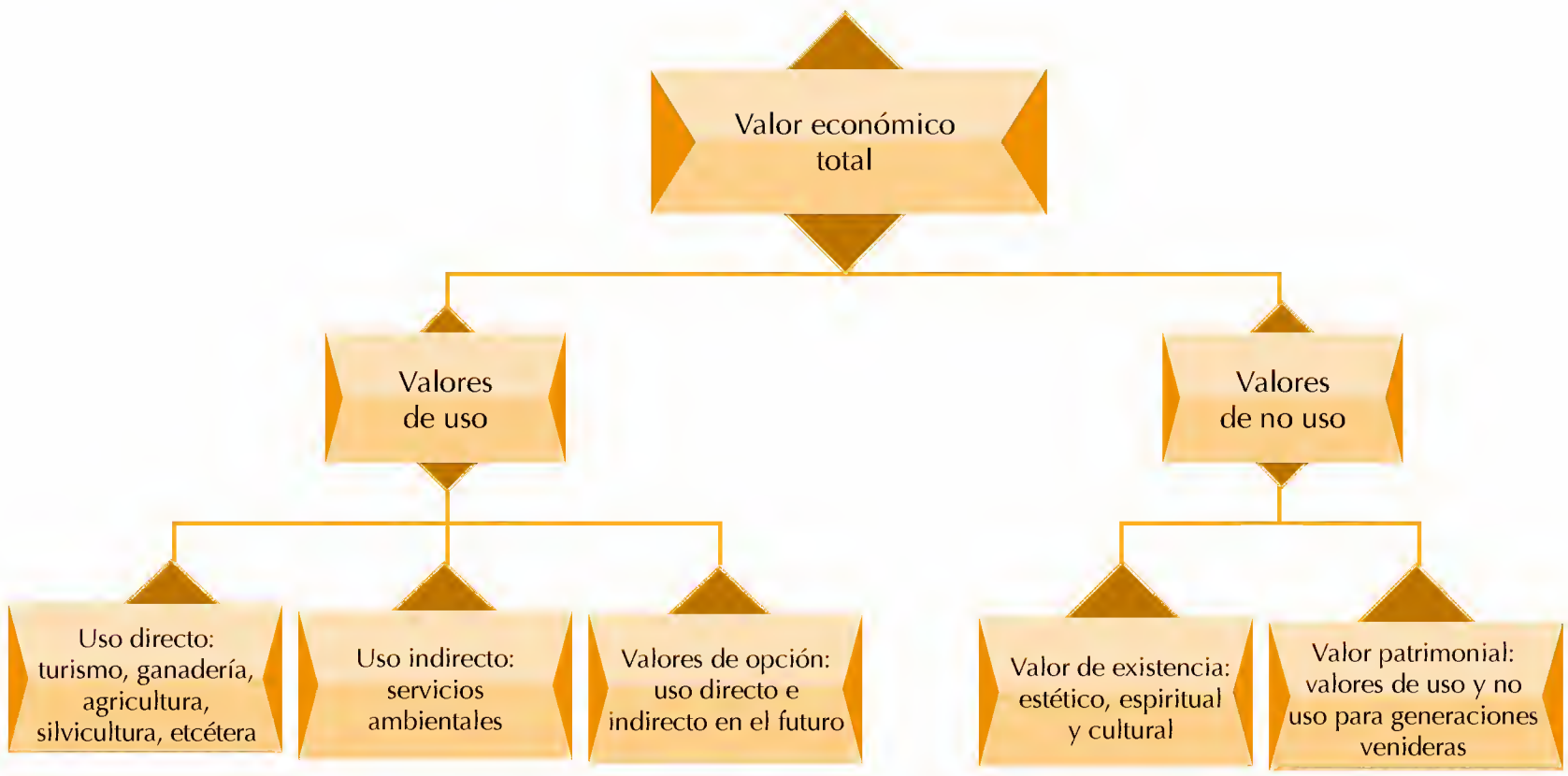


FIGURA 1. Valores económicos de la biodiversidad en las ANP. Fuente: modificado de Chape *et al.* 2008.

En cambio, los beneficios del uso indirecto se relacionan con los servicios ambientales que brindan muchas ANP (Wunder 2007). Estos se han clasificado como de soporte (como la formación de suelos), de provisión (suministro de alimentos o agua potable), de regulación (captura de dióxido de carbono) y culturales (recreación y turismo; MA 2005). Cabe mencionar que la cuantificación de los valores indirectos resulta más difícil que la de los valores directos, puesto que los actores gubernamentales suelen intervenir en la fijación de precios de suministro de servicios ambientales como agua potable, generalmente mediante subvenciones; lo cual impide la formación de mercados necesarios para su valoración monetaria (Farley y Costanza 2010).[1]

Los valores de opción, por otra parte, se refieren a las diferentes formas de uso que pueden beneficiar potencialmente a futuros usuarios. Un ejemplo sería el posible uso medicinal de ciertas plantas u organismos hasta ahora desconocidos. Debido a la falta de conocimiento de las posibilidades (p.e. del uso medicinal comercial en un futuro) y preferencias de los usuarios (p.e. en cuanto a los hábitos recreativos de generaciones venideras), esta categoría de valores generalmente se exime de una fijación de precios y, por lo tanto, no es cuantificable.

Lo mismo es válido en el caso de los beneficios del no uso: los valores de existencia y los patrimoniales (figura 1). En el primer caso, diferentes actores sociales pueden valorar la existencia de una determinada especie (p.e. la fauna abisal), sin la posibilidad de beneficiarse personalmente de ella. En cambio, el valor patrimonial se refiere al valor que conceden diversos grupos sociales a la posibilidad de que generaciones venideras dispongan de determinados recursos naturales, ecosistemas o especies. En ambos casos, también se usa el término "valor altruista". Por estas dificultades, la determinación del valor de uso directo se ha vuelto un asunto clave dentro del marco de la política ambiental.

El aprovechamiento turístico a menudo constituye el valor de uso directo más relevante y potencialmente sustentable de la biodiversidad de las ANP. Se estima que en 1998, a nivel mundial, casi 20% de los ingresos turísticos internacionales fueron gracias al turismo basado en la naturaleza[2] (Newsome *et al.* 2002). Esta

[1]No obstante, recientemente se han realizado esfuerzos para crear mecanismos institucionales para cuantificar el valor económico de determinados servicios ambientales. Basta mencionar aquí las iniciativas para introducir mecanismos de compensación monetaria en beneficio de los dueños de predios donde se extrae agua potable para el suministro de las redes públicas de distribución (Wunder 2007).

[2]En el contexto de este trabajo, conviene distinguir entre los conceptos de ecoturismo y de turismo basado en la naturaleza. Por un lado, el primero debe ser considerado una estratégica normativa orientada por los siguientes objetivos: a) minimización de impactos ambientales; b) apoyo al financiamiento de la gestión de ANP; c) generación de beneficios económicos para la población local; y d) contribución al desarrollo local socialmente equilibrado (Blamey 2001). En cambio, turismo basado en la naturaleza puede ser definido como una actividad recreativa (campismo, senderismo, alpinismo, observación de fauna, etc.) realizada por ciertos tipos de consumidores en función de sus motivos individuales (experimentar y disfrutar la naturaleza, actividades deportivas, entre otros) en un ámbito natural particular (ANP o áreas naturales poco alteradas). Ya que la actividad turística en la RBMM aún no cumple con los requerimientos normativos para ser considerada ecoturismo (Brenner y San Germán 2012), conviene calificarla como turismo basado en la naturaleza.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

relevancia se debe a la posición excepcional de las ANP en el mercado, ya que frecuentemente ofrecen atracciones únicas que no se pueden reproducir ni imitar.

Algunas ANP constituyen destinos turísticos únicos en el mundo, como es el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), puesto que no existe otro lugar que cuente con el mismo atractivo; es decir, en ninguna zona del mundo se puede observar la misma concentración de poblaciones de mariposas como en la RBMM. Por lo tanto, tienen el potencial de contribuir de manera significativa al desarrollo económico local y regional; además de promover la conservación de la especie y del ecosistema.

Gestionada de manera adecuada, no cabe duda que los beneficios económicos derivados de la actividad turística en la RBMM podrían compensar parte de los costos de oportunidad perdidos, como por ejemplo escasos ingresos debido a la limitación del uso de los recursos forestales.

Si bien, hay evidencias de que la generación de ingresos mediante las actividades turísticas promueve la aceptación de una ANP por parte de la población local (Job 2012), cabe resaltar que en México prácticamente no existen estudios que permitan una cuantificación metodológicamente fundada del valor económico directo que genera el turismo basado en la naturaleza en las respectivas ANP del país. Por lo tanto, es tiempo de dar un primer paso y abordar los siguientes planteamientos: a) ¿cuál es el valor económico directo del uso turístico de la biodiversidad de una ANP?, b) ¿se aprovecha bien este recurso? y c) ¿hasta qué punto beneficia a la población local que asume gran parte de los costos de oportunidad que genera esta ANP?

A continuación, se presenta el caso particular de la RBMM, haciendo una descripción de su entorno natural y las características de los servicios turísticos que se ofrecen; posteriormente, se presentan la metodología aplicada para calcular el valor económico directo que genera la actividad turística y los resultados de una encuesta representativa, realizada durante la temporada 2005-2006; después, se discuten los datos obtenidos, comparándolos con otros valores de referencia y, finalmente, se plantean algunas recomendaciones para incrementar el valor del aprovechamiento turístico sustentable de la biodiversidad en Michoacán.

EL TURISMO EN LA RESERVA

La RBMM, decretada en 1986 y administrada desde 2000 por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), tiene una extensión de 56 259 ha y posee un programa de manejo desde 2001. Se encuentra a una altitud de 2 200 a 3 800 msnm, en la región limítrofe de Michoacán (municipios de Angangueo, Contepec, Senguio, Ocampo, Zitácuaro y Aporo) y del Estado de México, que históricamente ha sido una de las zonas más marginadas del centro del país (CONAPO 2000).

Es conocida por ser el principal hábitat de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*); especie que se caracteriza por su conducta migratoria notable,[3] cuya supervivencia depende del estado de conservación de los ecosistemas que sostienen los bosques templados de pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa*; Hoth 1999).

La RBMM se caracteriza por su complejidad sociopolítica: existen más de 100 predios donde domina el régimen ejidal (sobre todo población mestiza) y comunitario (sobre todo población indígena). Además, hay varias pequeñas propiedades privadas, así como predios federales y estatales (Rendón y Galindo-Leal 1997, WWF 2004).

Existen evidencias de que, debido a una serie de conflictos sociales, una porción considerable de la RBMM sufrió las consecuencias de un manejo forestal inadecuado (Merino y Hernández 2004), lo cual se refleja en talas ilegales e incendios forestales provocados para extender los terrenos agrarios (Martín 2001). En consecuencia, una parte considerable de los bosques de pino y oyamel que conforman el hábitat invernal de la mariposa monarca muestra síntomas de deterioro ambiental (Ramírez *et al.* 2003, WWF 2004). La presencia de estas actividades ilegales indica que los costos de oportunidad relacionados con las restricciones de la explotación forestal son notables, por lo menos en el caso de algunas comunidades (Brenner 2009).

Por otra parte, la reserva dispone de una de las atracciones naturales más importantes de México: la oportunidad de observar, durante los meses de noviembre a marzo, grandes concentraciones de mariposas monarcas que forman "colonias" en espacios reducidos. En consecuencia, la RBMM es una de las ANP más visitadas de país.

Actualmente, tiene cinco accesos abiertos al público (CONANP 2013). En Michoacán cuentan con permisos para prestar servicios turísticos los ejidos El Rosario, Cerro Prieto (ambos ubicados en el municipio de Ocampo) y, en fechas más recientes, Senguio (municipio de Senguio). En el Estado de México existen accesos en los ejidos El Capulín (municipio de Donato Guerra) y La Mesa (San José del Rincón). El Rosario es el acceso más importante y atrae aproximadamente a 70% del total de

[3]La mariposa monarca pasa los meses de verano en varias regiones del norte de Estados Unidos de América y sur de Canadá. A principios del otoño la población entera inicia su migración hacia el sur, debido al descenso de temperatura y la disminución de días soleados para pasar los meses de noviembre a marzo en la zona boscosa de la reserva (CONANP 2001).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

los visitantes de la RBMM, puesto que las colonias de mariposas que suelen establecerse en este ejido son fácilmente accesibles por senderos pavimentados.[4] En cambio, el acceso a las colonias de los demás ejidos requiere cierta condición física de los visitantes. Además, sólo el ejido El Rosario dispone, gracias al apoyo financiero de numerosas instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales (Brenner 2009), de una infraestructura turística relativamente sofisticada: cuenta con un centro de visitantes, cafetería, tienda de artesanías, sanitarios, hospedajes rústicos y otros servicios (figura 2).[5] También se ha subvencionado la infraestructura en otros ejidos como La Mesa (figura 3).

Cabe mencionar que la mayoría de los servicios turísticos ofrecidos en la RBMM son gestionados por los ejidatarios, de acuerdo con las estructuras ejidales que establecen el acceso y uso de los recursos naturales en los respectivos predios (Brenner y San Germán 2012).

No obstante, fuera de la temporada de la presencia de las mariposas monarcas (de finales de marzo a principios de noviembre), la actividad turística queda prácticamente paralizada. Por si fuera poco, la afluencia turística muestra notables variaciones estacionales en función de las condiciones atmosféricas y los periodos vacacionales. Mientras hay indicios de sobrecarga durante los días festivos soleados, el número de visitantes se reduce drásticamente en días laborales y durante los periodos de heladas, tormentas o precipitaciones intensas. En consecuencia, el turismo representa sólo una fuente adicional de ingresos para la comunidad durante cuatro meses al año (Brenner y Job 2006). Además, la posible disminución de la cantidad de mariposas que hibernan en la RBMM podría tener como consecuencia una reducción del número de visitantes y menores ingresos para los prestadores de servicios.

EL VALOR ECONÓMICO DIRECTO DEL TURISMO EN LA RESERVA

Para determinar el valor económico directo de la actividad turística en la RBMM se aplicó la siguiente metodología: durante la temporada de 2005-2006 (del 10 de noviembre de 2005 al 22 de marzo de 2006) se llevaron a cabo encuestas directas y representativas entre los visitantes de los cuatro accesos existentes en aquel año, ubicados en los ejidos El Rosario, Cerro Prieto, El Capulín y La Mesa. La finalidad de este levantamiento fue, por un lado, determinar algunas de las características clave de los visitantes: nacionalidad, procedencia y estadía en la región de la RBMM.

De acuerdo con la frecuencia de visitas a cada uno de los accesos durante ciertos meses y días (registrada durante temporadas anteriores por las respectivas autoridades ejidales), se realizaron encuestas aleatorias durante 53 días entre las 132 496 personas que visitaron la RBMM durante la temporada 2005-2006. Para maximizar la eficiencia de las encuestas se aplicaron de manera aleatoria y simultáneamente, dos tipos de cuestionarios: el primero de aplicación breve (un minuto en promedio) para determinar de manera representativa las características básicas de los segmentos de visitantes, como nacionalidad, tiempo de permanencia en la RBMM y lugar de pernoctación (en su caso).

Con base en un total de 4 229 encuestas breves, fue posible identificar cuatro segmentos principales con diferentes características en relación al consumo turístico: excursionistas mexicanos y extranjeros, así como visitantes mexicanos y extranjeros que pernoctaron en el territorio de la RBMM. Asimismo, por ser representativos, estos datos permitieron extrapolar su respectiva proporción con relación a la totalidad de visitantes registrados (cuadro 1). El segundo cuestionario, más amplio (con una duración de 10 a 15 minutos), sirvió para obtener datos específicos acerca de cada uno de los segmentos: los gastos totales, distribución entre los conceptos que corresponden al consumo turístico y el lugar donde se efectuaron dichos gastos. En total, se aplicaron 813 entrevistas extensas en los cuatro accesos, cuyos resultados fueron extrapolados para calcular los gastos realizados por cada uno de los segmentos. Todos los cuestionarios fueron capturados y procesados mediante el programa estadístico SPSS.

Además, se determinó la distribución entre los diferentes conceptos de gastos (hospedaje, alimentos, artesanía, entre otras cosas), y se exploró el monto de los gastos efectuados, desglosado por conceptos del consumo turístico. Esta información permitió calcular el volumen bruto de ventas totales; es decir, el valor directo bruto que genera la actividad turística, sin tomar en consideración los efectos multiplicadores que derivan indirectamente del consumo turístico dentro del territorio de la RBMM; originados por ejemplo mediante la compra de insumos para la preparación de comidas, que pueden beneficiar a los intermediarios establecidos en la región.

[4]De acuerdo con los registros de las autoridades ejidales, durante la temporada 2005-2006, se reportaron 132 496 visitantes en la RBMM, 71.5% entraron por el ejido El Rosario y 25.9% por el ejido Cerro Prieto (Quintanar 2007); no hay indicios de que estas proporciones hayan cambiado de manera significativa en los últimos años.

[5]Desde 2005, se ha construido infraestructura turística en los ejidos del Estado de México. Por ejemplo, los ejidos de La Mesa y El Capulín cuentan con servicios de hospedaje (cabañas rústicas); sin embargo, el ejido El Rosario dispone de servicios turísticos más diversificados.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

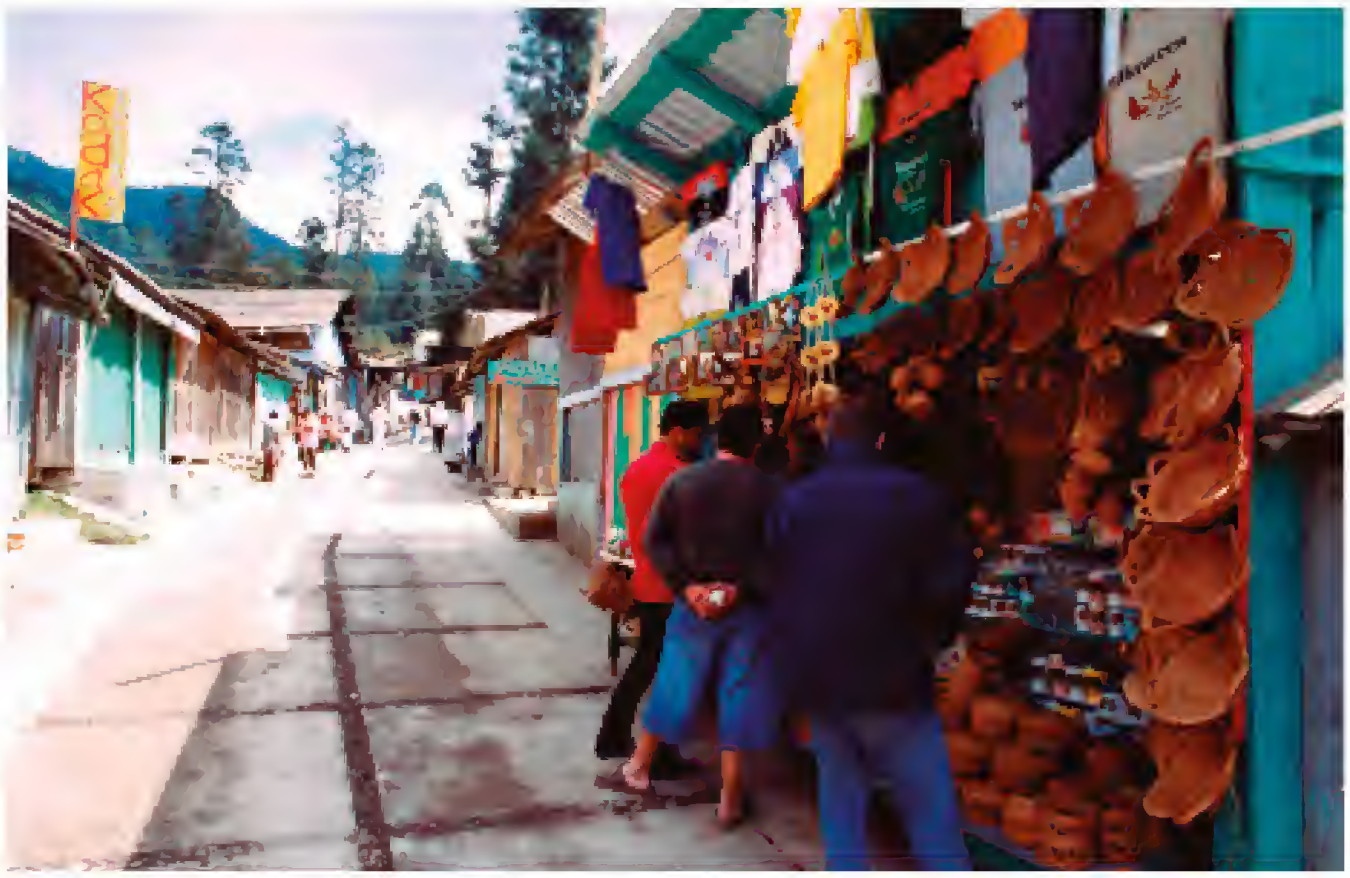


FIGURA 2. Artesanías en el ejido El Rosario, municipio de Ocampo. Fuente: Brenner 2007.

FIGURA 3. Cabañas en el ejido La Mesa, municipio de San José del Rincón. Fuente: Brenner 2007.

Un primer análisis de los datos obtenidos demuestra el predominio de un "excursionismo de paso": casi 85% de visitantes fueron de nacionalidad mexicana que no pernoctaron en la RBMM. Es decir, visitaron las colonias de mariposas durante unas horas y regresaron a su lugar de residencia, o bien se hospedaron fuera de esta ANP (cuadro 1); sólo poco más de 7% decidieron quedarse por lo menos una noche en uno de los alojamientos ubicados dentro de los límites de la reserva.

En cuanto a los visitantes extranjeros, llama la atención el hecho de que este grupo corresponde a menos de 10% de la afluencia turística. Además, igual que en el caso de los visitantes mexicanos, predominan los excursionistas de un día, aunque de manera menos destacada. Otro hecho notable es la estadía relativamente corta de los turistas que pernoctan en la RBMM (cuadro 1).

Con relación a los gastos realizados por los respectivos segmentos, lo que salta a la vista es el reducido beneficio económico que genera el turismo basado en la naturaleza. Tanto los excursionistas nacionales como extranjeros gastaron menos de 130 pesos diarios por persona durante su estancia en la reserva. Sin embargo, los visitantes que pernoctan en la RBMM también tienden a economizar, ya que demandan bienes y servicios por menos de 300 pesos diarios por persona,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Segmentos de visitantes de la RBMM (temporada 2005-2006).

	Excursionistas mexicanos[1]	Excursionistas extranjeros[2]	Visitantes mexicanos que pernoctan[3]	Visitantes extranjeros que pernoctan[4]	Total
Personas[5]	111 562	7 022	9 805	4 107	**132 496**
Porcentaje[6]	84.28	5.3	7.4	3.1	**100**
Estadía promedio (en días)[6]	1	1	2.44	2.84	

[1]Ciudadanos mexicanos que visitan la RBMM sin pernoctar en su territorio, [2]ciudadanos extranjeros (incluyendo residentes en México) que visitan la RBMM sin pernoctar en su territorio, [3]ciudadanos mexicanos que visitan la RBMM y que pernoctan por lo menos una noche en el territorio de la RBMM, [4]ciudadanos extranjeros (incluyendo residentes en México) que visitan la RBMM y que pernoctan por lo menos una noche en su territorio, [5]calculado mediante extrapolación de los resultados de las encuestas breves, [6]resultados de las encuestas breves.
Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2. Gastos promedio de los visitantes en el territorio de la RBMM, por segmento, calculado en pesos mexicanos (temporada 2005-2006).

Concepto	Excursionistas mexicanos	Excursionistas extranjeros	Visitantes mexicanos que pernoctan	Visitantes extranjeros que pernoctan
Gastos diario (promedio por persona)	121.7	128.5	241.0	290.2
Gastos totales[1]	**13 577 095**	**902 327**	**5 765 732**	**3 384 858**

[1]Resultado de la multiplicación: gastos diarios por estadía promedio por número de visitantes totales.
Fuente: elaboración propia.

CUADRO 3. Gasto diario promedio de los visitantes en el territorio de la RBMM, por segmento y concepto, calculado en pesos mexicanos (temporada 2005-2006).

Concepto	Excursionistas mexicanos	Excursionistas extranjeros	Visitantes mexicanos que pernoctan	Visitantes extranjeros que pernoctan
Hospedaje			82.7	149.6
Compra de artesanía	48.5	38.4	64.7	35.9
Alimentos	27.1	25.0	40.5	33.7
Cuota de entrada[1]	21.7	19.7	25.2	25.6
Renta de caballo	13.0	13.8	11.8	11.3
Otros conceptos	11.4	31.6	16.1	34.1
Total	**121.7**	**128.5**	**241.0**	**290.2**

[1]Las cuotas de entrada promedio varían de acuerdo al acceso turístico; en ocasiones se conceden descuentos para grupos.
Fuente: elaboración propia.

incluyendo el alojamiento (cuadro 2). Si se extrapolan estas cifras a la totalidad de los visitantes de la RBMM (tomando en consideración la relevancia relativa y la estancia promedio de cada uno de los segmentos), se puede concluir que los gastos realizados en el territorio de esta ANP durante la temporada 2005-2006 se remiten a la cantidad de 23 630 012 pesos (cuadro 2). Es importante resaltar que el grueso de las ventas se debe a los gastos de los excursionistas mexicanos, debido al número total de visitantes de esa categoría; no obstante, el monto que gastaron los visitantes (mexicanos y extranjeros) con pernoctación resulta notable, ya que rebasa los nueve millones de pesos.

Otro aspecto relevante es la distribución de los gastos. Aunque no sorprenda que los destinados a hospedaje sean los más altos, llama la atención la reducida

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cantidad que gastaron los turistas mexicanos y extranjeros para alojamiento (alrededor de 83 y 150 pesos, respectivamente). Se observa la misma tendencia en los casos de la compra de artesanía, alimentación y otros servicios; tanto los excursionistas como los visitantes con pernoctación realizaron gastos de menos de 50 pesos, donde la adquisición de artesanías fue el concepto más relevante (cuadro 3).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos resaltan dos aspectos. Primero, es probable que los beneficios económicos derivados de esta actividad no compensen los costos de oportunidad que surgen a raíz de las limitaciones del aprovechamiento de los recursos naturales. Hipotéticamente el volumen bruto de las ventas (no equivalente a ganancias) repartido entre las 24 595 personas que residen en el territorio de la RBMM (CONANP 2013), equivale a 960 pesos por residente cada año. Por lo tanto, parece que el turismo actualmente no constituye una alternativa económica viable para disminuir de manera significativa la presión sobre los recursos forestales. Segundo, una comparación con otro estudio realizado con la misma metodología, sugiere que el potencial turístico de la RBMM es subutilizado y bajo en comparación con otros destinos; por ejemplo, en el parque nacional alemán Suiza Sajona –una ANP con atracciones importantes, pero de ninguna manera únicas en el contexto europeo– se efectuaron gastos por 9.38 millones de euros (unos 170 millones de pesos) en 2009 (Job 2012). Aunque las diferencias socioeconómicas de ambas zonas de estudio no permiten un contraste directo, la enorme diferencia entre ambos montos indica que el sector turismo de la RBMM se enfrenta a una serie de limitaciones que impiden mayor rendimiento de esta actividad.

Las causas de esta situación son varias: por un lado, aún no se ha logrado extender ni la temporada ni la estadía promedio de los visitantes, a pesar de los asiduos esfuerzos realizados para fomentar el turismo basado en la naturaleza en la RBMM. En este sentido, la marcada dependencia de la presencia de la mariposa monarca y el problema de transformar el destino a turismo de pernocta siguen siendo los principales obstáculos para incrementar el valor directo del uso turístico de la reserva (Brenner y Job 2006). Además, la vinculación de derechos agrarios formales con el permiso de ofrecer servicios (la CONANP concede sólo a los ejidatarios acreditados el derecho de fungir de guía y establecer puestos de venta de comida y artesanía) tiene como consecuencia que un grupo reducido de ejidatarios mayores ejerza, en buena medida, el control sobre el tipo y la calidad de los servicios turísticos que se ofrecen en la RBMM. Este hecho sigue impidiendo, hasta la fecha, una diversificación y profesionalización efectiva de los servicios, conforme a las preferencias de los distintos segmentos de turistas (Brenner 2012). Aunado a esto, aún no se ha implementado ningún plan de manejo general de visitantes o guía de buenas prácticas turísticas que tome en cuenta explícitamente las características y necesidades particulares de los diferentes segmentos de visitantes. De hacerlo sería posible atender mejor las necesidades particulares de cada grupo de turistas (p.e. niños, familias, adultos mayores, especialistas), para evitar concentraciones de visitantes en unos cuantos puntos y aprovechar mejor su disposición de gastar en servicios y productos específicos, de acuerdo con sus preferencias.

Frente a esta situación, resulta conveniente tomar en cuenta las medidas que se presentan a continuación. Por un lado, es urgente elaborar e implementar eficazmente un programa de gestión turística en la región, en lugar de fomentar principalmente iniciativas locales en un número reducido de comunidades. En este contexto, sería necesario realizar un estudio extenso para determinar las características generales y las preferencias de los respectivos segmentos de visitantes. Asimismo, resulta indispensable promover, con base en un estudio de mercado bien fundamentado, las actividades turísticas que no dependen de la presencia de la mariposa monarca. Estas medidas facilitarían no sólo una mejor distribución temporal y espacial de la afluencia turística, sino también mayor aprovechamiento económico del potencial turístico en el este del estado. Además, conviene reconsiderar la política tradicional de fomento al turismo en la RBMM, que condiciona el acceso a fuentes de financiamiento a la tenencia de derechos agrarios (Brenner y San Germán 2012). Este procedimiento no sólo dificulta la participación de prestadores de servicios potencialmente competitivos, sino también perpetua, aunque de manera no intencional, estructuras sociales poco aptas para una gestión turística innovadora.

Finalmente, para aprovechar de forma plena el potencial de la RBMM y fomentar de manera eficaz el desarrollo económico regional, habrá que diversificar la oferta turística, de acuerdo con las preferencias de los segmentos de visitantes. Entre los servicios con potencial para extender la temporada y aumentar la permancia de los visitantes destacan: visitas debidamente guiadas y enfocadas en los diversos servicios ecosistémicos que presta esta ANP (y no sólo en la observación de las mariposas), la venta permanente de productos certificados y elaborados en la región de la RBMM (p.e. miel, queso, truchas ahumadas), así como la organización de eventos especiales (cursos de capacitación para profesionistas y foros para funcionarios públicos) enfocados en los problemas socioambientales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que enfrenta la región; con el afán de aprovechar la infraestructura turística existente también fuera de la temporada de hibernación de la mariposa monarca. Cabe destacar que es preciso complementar estas medidas con estudios de capacidad de carga turística, así como planes viables para garantizar un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Eduardo Quintanar Maldonado y Patricia Pilar Rodríguez Ramos, durante el levantamiento de datos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2005-2006); se reconoce la asesoría técnica del doctor Julius Arnegger durante el procesamiento e interpretación de la información generada.

REFERENCIAS

Blamey, R.K. 2001. Principles of ecotourism. En: *The encyclopedia of ecotourism*. D.B. Weaver (ed.). CAB International, Wallingford, Reino Unido y EUA, pp. 5-22.

Brenner, L. 2009. Aceptación de políticas de conservación ambiental: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Economía, Sociedad y Territorio* 9:259-295.

Brenner, L. y H. Job. 2006. Actor-oriented management of protected areas and ecotourism in Mexico. *Journal of Latin American Geography* 5:7-27.

Brenner, L. y S. San Germán. 2012. Gobernanza local para el 'ecoturismo' en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Alteridades* 44:149-164.

Chape, S., M. Spalding y M.D. Jenkins. 2008. *The world's protected areas.* University of California Press, Berkeley.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2001. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. SEMARNAT, México.

——. 2013. Mariposa monarca. En: *<http://mariposamonarca.conanp.gob.mx>*, última consulta: 18 de diciembre de 2013.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2000. Población, medio ambiente y desarrollo sustentable. Dos estudios de caso: regiones Mariposa Monarca y Costa Chica de Guerrero. CONAPO, México.

Farley, J. y R. Costanza. 2010. Payments for ecosystem services: from local to global. *Ecological Economics* 69: 2060-2068.

Hoth, J. 1999. Conservación de la mariposa monarca. Introducción. En: *Proceedings of the North American conference on the monarch butterfly.* J. Hoth, L. Merino, K. Oberhauser *et al.* (eds.). Commission for Environmental Cooperation, Canadá, pp. 201-204.

Job, H. 2012. Zur Bedeutung von Nationalparken für die Regionalentwicklung. En: *Naturlandschaften. Eine Handreichung für den Geographie-Unterricht.* Verband Deutscher Schulgeographen (ed.). Hirschdruck, Alemania, pp. 42-47.

Martín, A. 2001. *Procesos de lucha y arreglos institucionales. El manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.* Tesis de maestría en antropología social. El Colegio de Michoacán, Zamora.

Merino, L. y M. Hernández. 2004. Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Sociología* 66:261-309.

MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis.* Island Press, Washington.

Newsome, D., S.A. Moore y R.K. Dowling. 2002. *Natural area tourism: ecology, impacts and management.* Channel View Publications, Clevedon.

Quintanar, E. 2007. *Los efectos económicos del "ecoturismo" en áreas naturales protegidas. El ejemplo de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, México.* Tesis de maestría en geografía humana. El Colegio de Michoacán, Zamora.

Ramírez, I., J. Giménez de Azcárate y L. Luna. 2003. Effects of human activities on Monarch Butterfly habitat in protected mountain forests, Mexico. *The Forestry Chronicle* 79:242-246.

Rendón, E. y C. Galindo-Leal. 1997. *Diagnóstico social y biológico en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.* Instituto Nacional de Ecología/Dirección de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán. Inédito.

WWF. World Wide Fund for Nature. 2004. *La tala ilegal y sus impactos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.* WWF, México.

Wunder, S. 2007. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology* 21:48-58.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Potencial natural para el ecoturismo costero: una perspectiva físico-geográfica[1]

ÁNGEL DAVID FLORES DOMÍNGUEZ Y ANGEL GUADALUPE PRIEGO SANTANDER

INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes es necesario que las estrategias de desarrollo territorial que incluyan el manejo de bienes naturales se sustenten en el análisis de su potencial de uso. En el medio rural, los paisajes visualmente atractivos (p.e. con flora y fauna diversa y abundante, cascadas, ríos, montañas) motivan a la población urbana a visitar esos lugares, permitiendo a los pobladores locales obtener ingresos económicos. Esa dinámica describe la actividad conocida como ecoturismo, la cual debe permitir obtener beneficios económicos, conservar el paisaje y la cultura e incluir a comunidades locales en las decisiones y actividades (PNUMA y WTO 2002). Otra modalidad, el turismo de aventura, consiste en la práctica de actividades que exigen esfuerzo físico para el logro de retos y se desarrolla en ambientes naturales (Wood 2002); en ambos casos el practicante aprecia el contacto con la naturaleza.

Esta contribución muestra el resultado de una investigación para determinar el potencial natural de los paisajes de la costa de Michoacán, respecto a 11 actividades de ecoturismo y turismo de aventura; además, se presenta la cartografía que permite conocer la distribución de zonas multifuncionales ecoturísticas.[2]

LA PROBLEMÁTICA SOCIAL DEL TURISMO

La costa michoacana se caracteriza por poseer áreas con flora y fauna conservada, además de gran riqueza cultural debido a la presencia de comunidades nahuas (Boege 2008). La economía de la población se basa en la agricultura, ganadería, pesca, minería y en el aprovechamiento del bosque; sin embargo, las condiciones socioeconómicas son difíciles, ya que muchas localidades están clasificadas como de alta y muy alta marginación (CONAPO 2012), se encuentran dispersas y carecen de servicios de salud y educación (Campos-Sánchez *et al.* 2010). Además, existen conflictos sociales genera-

Flores-Domínguez, Á.D. y A.G. Priego-Santander. 2019. Potencial natural para el ecoturismo costero: una perspectiva físico-geográfica. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 245-256.

[1]Este trabajo se basa en el artículo de Flores-Domínguez y Priego-Santander 2011.
[2]Clasificación del paisaje asignando usos de acuerdo con su potencial para realizar diversas funciones.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

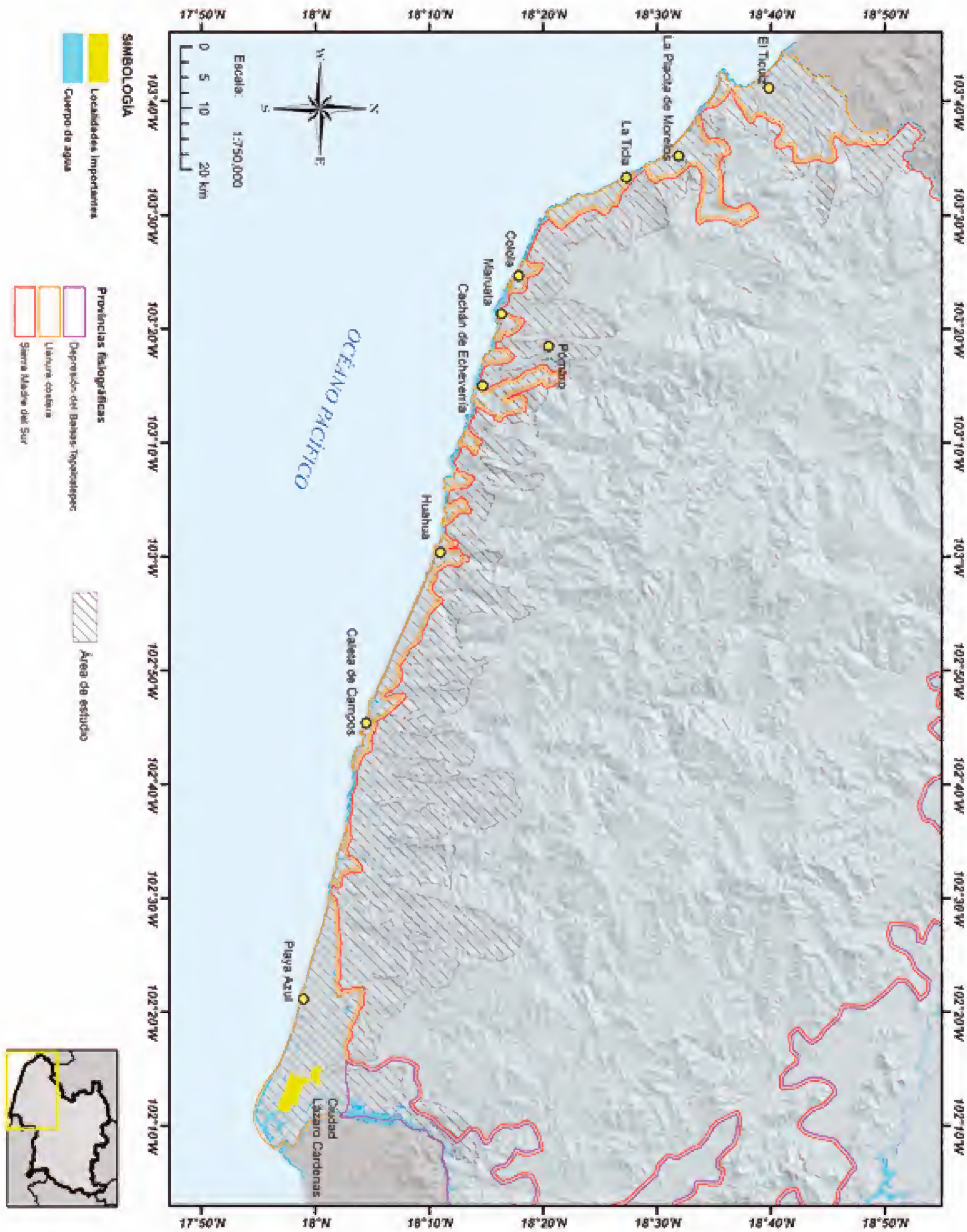


FIGURA 1. Localización del área de estudio. Fuente: Flores-Domínguez y Priego-Santander 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

dos por la tenencia de la tierra, la tala clandestina, la expansión de la frontera agrícola, la minería a cielo abierto y el narcotráfico.

Por lo anterior, desde la década pasada la actividad turística en el estado se ha incrementado de manera importante y ha sido considerada como prioridad para el desarrollo de la entidad (Gobierno de Michoacán 2008). La derrama económica que esta actividad genera contribuye de forma importante al producto interno bruto estatal, por ello, la iniciativa privada junto con el gobierno de la entidad, han desarrollado planes y estrategias con la intención de impulsar turísticamente la costa de Michoacán (FONATUR y Gobierno de Michoacán 2006).

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA

El área geográfica de la costa que se analizó corresponde a la zona de emisión de las microcuencas de la sierra-costa de Michoacán que vierten al Pacífico (Priego *et al.* 2015). Se ubica de los 17° 53′ a los 18° 33′ N y 101° 58′ a 103° 38′ O (figura 1) y está considerada dentro de la provincia fisiográfica Llanura Costera (Antaramián y Correa 2003). El clima es cálido-subhúmedo y posee un relieve complejo (depresiones, planicies aluviales y marinas, y brazos montañosos que se proyectan hacia la costa) por la actividad tectónica del litoral Pacífico (Garduño 2005). Abarca 2 600 km^2, de los cuales 80% son montañas. Varios ríos y escurrimientos temporales atraviesan la costa y hay abundancia de esteros y lagunas (Chávez-Carmona 1995). Los tipos de suelos principalmente son luvisoles, leptosoles, regosoles, acrisoles y phaeozems. En las partes altas existen pinares y encinares; selva mediana y baja caducifolia en la medianía y, hacia la costa, pastizales, áreas agrícolas y plantaciones.

La evaluación presentada toma como base geocomplejos físico-geográficos de la costa (Flores-Domínguez 2010), integrados por la geomorfología, litología, clima, inclinación del terreno, tipo de suelo y cobertura vegetal. Con estas propiedades es factible identificar potenciales de uso del paisaje. La metodología para integrar complejos y su representación cartográfica se puede consultar en Priego-Santander *et al.* (2010). En el cuadro 1 se muestra la caracterización físico-geográfica de la zona costera.

CUADRO 1. Caracterización físico-geográfica de la costa.

Clima	Relieve	Génesis	Litología	Inclinación (grados)	Área (km^2)
Cálido subhúmedo	Montañas	Volcánica	Andesita, toba intermedia y latita	10 a 30	408
				5 a 10	73
		Tectónica	Granito, granito-granodiorita y granodiorita	10 a 30	308
				5 a 10	176
			Arenisca-conglomerado y conglomerado	10 a 30	6
				5 a 10	21
			Lutita y lutita-arenisca	10 a 30	11
				5 a 10	8
			Caliza y caliza-lutita	>30	6
				10 a 30	439
				5 a 10	32
				1 a 3	3
			Complejo metamórfico indiferenciado	10 a 30	484
				5 a 10	25
	Lomeríos	Volcánica	Andesita y andesita-toba intermedia	5 a 10	20
				1 a 3	1

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Clima	Relieve	Génesis	Litología	Inclinación (grados)	Área (km^2)
Cálido subhúmedo	Lomeríos	Tectónica	Granito, granito-granodiorita y granodiorita	5 a 10	66
				3 a 5	2
				1 a 3	15
			Arenisca-conglomerado y conglomerado	5 a 10	37
				1 a 3	61
				<1	14
			Lutita y lutita-areniscas	5 a 10	3
			Calizas y caliza-lutita	10 a 30	1
				5 a 10	24
			Complejo metamórfico indiferenciado	5 a 10	4
	Valles	Fluvial	Depósitos aluviales	10 a 30	4
				5 a 10	16
				1 a 3	33
				<1	7
	Planicies	Tectónica	Arenisca-conglomerados y conglomerado	3 a 5	3
				1 a 3	13
				<1	23
		Fluvial	Depósitos aluviales	1 a 3	17
				<1	238
		Eólica-marina	Depósitos arenosos litorales	<1	7

Fuente: Flores-Domínguez 2010.

BIODIVERSIDAD Y HETEROGENEIDAD DEL PAISAJE

Los registros de flora y fauna silvestres de la costa se obtuvieron del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB-CONABIO), esta información se comparó con la lista de especies de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y se contó el número de especies (endémicas o no) en cada categoría de protección (cuadro 2). En total se encontraron 367 especies de animales distribuidas en 110 familias, siendo las mejor representadas: Phyllostomidae (murciélagos, 19 especies), Tyrannidae (pájaros mosqueros, 18), Scolopacidae (aves parecidas a gaviotas, 16), Parulidae (pájaros chipes, 13), Colubridae (culebras, 13), Ardeidae (garzas, 11), Laridae (gaviotas, 11) y Accipitridae (aves rapaces, 11). El resto de las familias poseen menos de 11 especies. Las aves representan el grupo más numeroso (215 especies), le siguen mamíferos (59), reptiles (44), peces (37) y anfibios (12; cuadro 2). De especial interés es el caso de los endemismos, ya que 13 especies del total de registros en la costa son reportadas como endémicas para México, de las cuales 10 son reptiles.

Con respecto a la flora se contaron 84 especies distribuidas en 33 familias, de las cuales las mejor representadas son Fabaceae (19), Burseraceae (9) y Cactaceae (5). El resto de las familias tiene menos de cuatro especies. Aunque ningún registro correspondió a especies endémicas, el litoral del Pacífico es importante para la conservación debido a la existencia

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Número de especies de fauna silvestre ubicadas en alguna de las categorías de protección y endemismo.

Categoría de protección	Endémica	Aves	Mamíferos	Reptiles	Peces	Anfibios
Ninguna	Sí			1		
	No	197	54	28	36	11
Amenazada	Sí	1		2		
	No	2	3	3	1	
En peligro de extinción	Sí		1			
	No	2		2		
Sujeta a protección especial	Sí			7		1
	No	13	1	1		
Total		**215**	**59**	**44**	**37**	**12**

Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010.

potencial de flora y fauna endémicas para México (CIPAMEX y CONABIO 1999, Rzedowski *et al.* 2005, Villaseñor 2005, CONABIO 2007). Dado el escaso número de registros encontrados es evidente que aún falta mucho trabajo de colecta e identificación de especies para esta zona.

Por otro lado, la heterogeneidad del paisaje indica la complejidad estructural de sus componentes físico-geográficos (Mateo-Rodríguez 1984). Ésta se evalúa mediante indicadores, los cuales han sido utilizados como estimadores de la diversidad biológica en ecosistemas costeros tropicales de México y Cuba (Priego-Santander *et al.* 2003, 2013), dada la correlación que existe entre el nivel de heterogeneidad y la diversidad biológica.

En este trabajo se calcularon los indicadores de complejidad corológica y tipológica (Snacken y Antrop 1983), riqueza (Romme 1982, Turner 1989), diversidad (Baev y Penev 1995) y singularidad de paisajes (Mateo-Rodríguez 1984; cuadro 3). Los valores de estos indicadores, así como la riqueza de flora, fauna y avifauna, y el número de endemismos se agruparon en cinco categorías (muy alta, alta, media, baja y muy baja), de acuerdo con los valores máximo y mínimo de las variables. Las categorías se construyeron mediante el método de optimización de Jenks, disponible en el programa ArcGis v10.2 (Esri 2013).

POTENCIAL ECOTURÍSTICO Y DE TURISMO DE AVENTURA

Se evaluó el potencial del paisaje para realizar 11 actividades de ecoturismo y turismo de aventura (senderismo, observación de aves silvestres, observación de flora y fauna silvestres, contemplación de paisajes naturales, foto y fonocaza,[3] caminatas o excursionismo, montañismo, escalada en roca, espeleoturismo,[4] paseos a caballo y ciclismo de montaña), de acuerdo con los requerimientos biofísicos[5] para la realización de cada actividad (apéndice 55), los cuales se compararon con la estructura físico-geográfica, la heterogeneidad y la biodiversidad de la costa, mediante un análisis de similitud de Gower (Gower 1971), utilizando el programa PRC _ Estudio 2.01 (Novúa-Álvarez 2008). El valor de Gower varía entre 0 y 1.44 (donde cero corresponde a la máxima similitud para cada actividad y se interpreta como muy alto potencial).

De acuerdo con esta evaluación, todas las actividades, excepto los paseos a caballo, se pueden realizar con alto y muy alto potencial en más de la mitad de la costa (cuadro 4). La geografía costera posibilita que el montañismo sea la actividad con mayor área potencial (2 107 km^2, 80%), seguido del ciclismo de montaña (1 773 km^2, 68%), mientras que los paseos a caballo son la actividad con menor potencial (95 km^2, 3%) debido a que el pisoteo continuo degrada el suelo y la vegetación. Su implementación se restringe hacia áreas cercanas a la zona urbana de Lázaro Cárdenas y las planicies agrícolas de Coahuayana, principalmente.

[3]Consistente en capturar fotografías y sonidos de plantas, animales, arroyos o el viento, aplicando algunas técnicas de cacería deportiva.
[4]Modalidad de la espeleología dirigida a público no especializado.
[5]Datos compilados a partir de una revisión en reglamentos y publicaciones especializadas en el tema (González *et al.* 1997, SEMARNAT 2003, Nepal y Chipeniuk 2005, FEDME 2007, Texas Park and Wildlife Department 2007), así como en la evaluación ecoturística realizada por Acosta-Villegas 2008.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Indicadores empleados para el cálculo de heterogeneidad del paisaje.

Indicador	Ecuación	Descripción
Complejidad corológica	$CC = n_i / A$	Calcula la relación entre los diferentes complejos geográficos y el área que abarcan
Complejidad tipológica	$CT = n_i / N$	Calcula la repetición de un complejo geográfico de nivel inferior, respecto a su complejo superior
Riqueza relativa de ecosistemas	$R = Nc / Nc_{max}$	Calcula la abundancia de complejos geográficos en un área, respecto al máximo de complejos encontrados en toda el área de estudio
Diversidad de McIntosh	$U = (\sum n_i^2)^{1/2}$	Calcula un valor de representatividad del complejo geográfico, en función del número de polígonos que lo integran
Singularidad de paisajes	$S = n_i / N_{tot}$	Calcula valores por complejo geográfico en función de su grado de irrepetibilidad

n_i: número de polígonos de la clase i en la unidad, Nc: número de clases de paisajes presentes en la unidad, Nc_{max}: número máximo de clases de paisajes posibles de ocurrir en la unidad, A: área de la unidad, N: número total de polígonos en la unidad, N_{tot}: número total de polígonos en el área de estudio.
Fuente: Priego-Santander *et al.* 2003.

CUADRO 4. Categorías del potencial de la costa para actividades ecoturísticas. Los valores se muestran en km^2 y porcentajes (valores entre paréntesis).

Actividad	Potencial				
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Senderismo	485 (19)	1 213 (46)	302 (12)	541 (21)	75 (3)
Observación de aves	485 (19)	963 (37)	397 (15)	709 (27)	62 (2)
Observación de flora y fauna	485 (19)	963 (37)	496 (19)	662 (25)	10 (0)
Contemplación de paisajes	485 (19)	983 (38)	477 (18)	590 (23)	82 (3)
Foto y fonocaza	485 (19)	963 (37)	397 (15)	709 (27)	62 (2)
Caminatas	485 (19)	1 213 (46)	246 (9)	575 (22)	97 (4)
Montañismo	1 448 (55)	659 (25)	143 (5)	129 (5)	237 (9)
Paseos en caballo	6 (0)	89 (3)	446 (17)	627 (24)	1 448 (55)
Ciclismo de montaña	149 (6)	1 624 (62)	484 (19)	82 (3)	277 (11)
Escalada en roca	1 448 (55)	195 (7)	604 (23)	132 (5)	237 (9)
Espeleoturismo	1 448 (55)	223 (9)	71 (3)	578 (22)	296 (11)

Fuente: Flores-Domínguez y Priego-Santander 2011.

Las figuras 2 a 4 muestran los mapas con la distribución potencial del montañismo, ciclismo de montaña y paseos a caballo, respectivamente. Los mapas de todas las actividades se pueden consultar en Flores-Domínguez (2010).

Las áreas geográficas con potencial alto y muy alto para la realización de más de una actividad se agruparon en cinco zonas, en función del número de actividades que se pueden implementar (figura 5):

Zona 1. Es la zona más extensa, abarca 60% del área con alrededor de 1 572 km^2 a lo largo de toda la costa. Se extiende a los municipios de Aquila, Lázaro Cárdenas, Coahuayana, Arteaga y Chinicuila. El terreno es altamente montañoso y escarpado, con litología

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

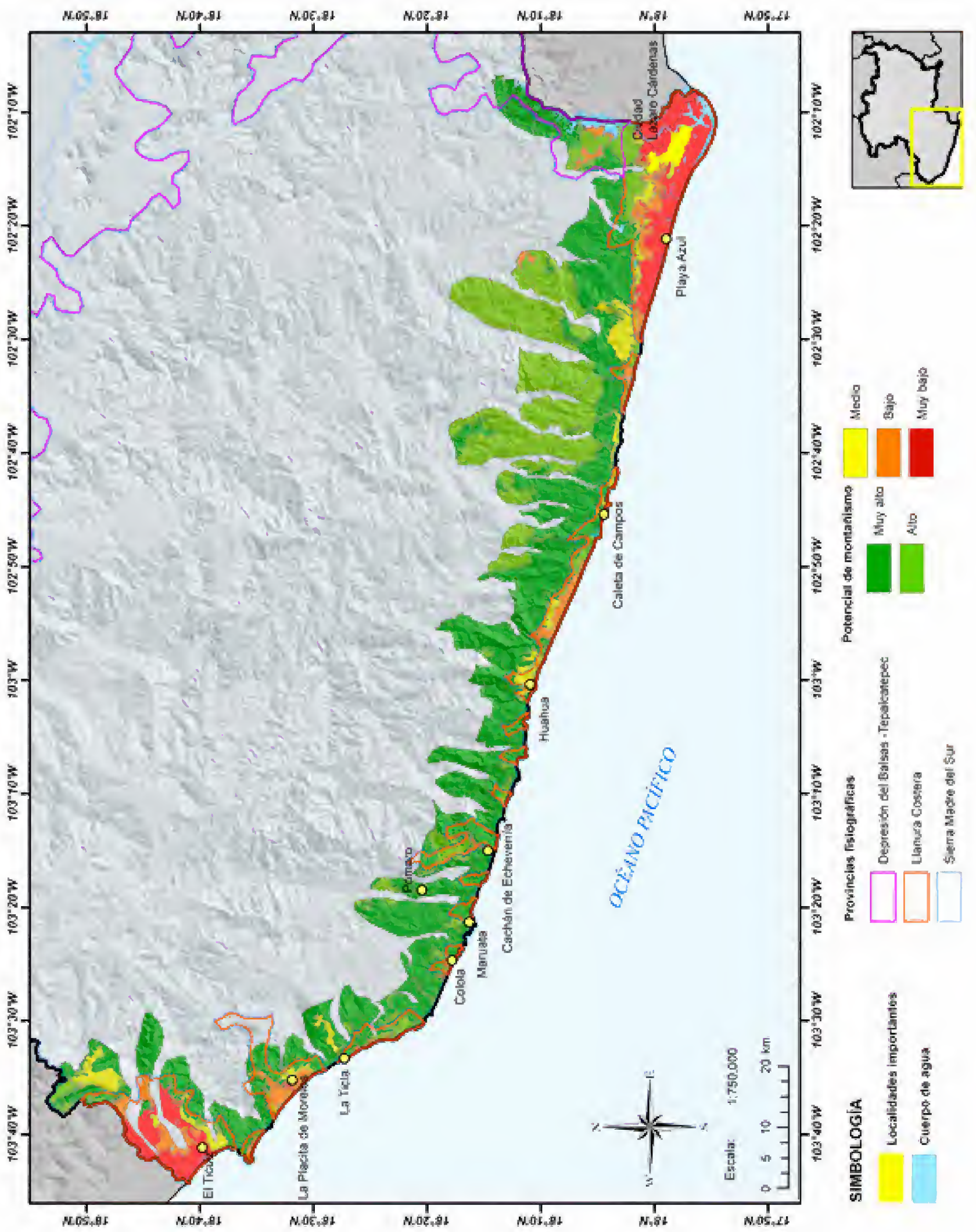


FIGURA 2. Potencial para la práctica de montañismo en la costa. Fuente: Flores-Domínguez 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

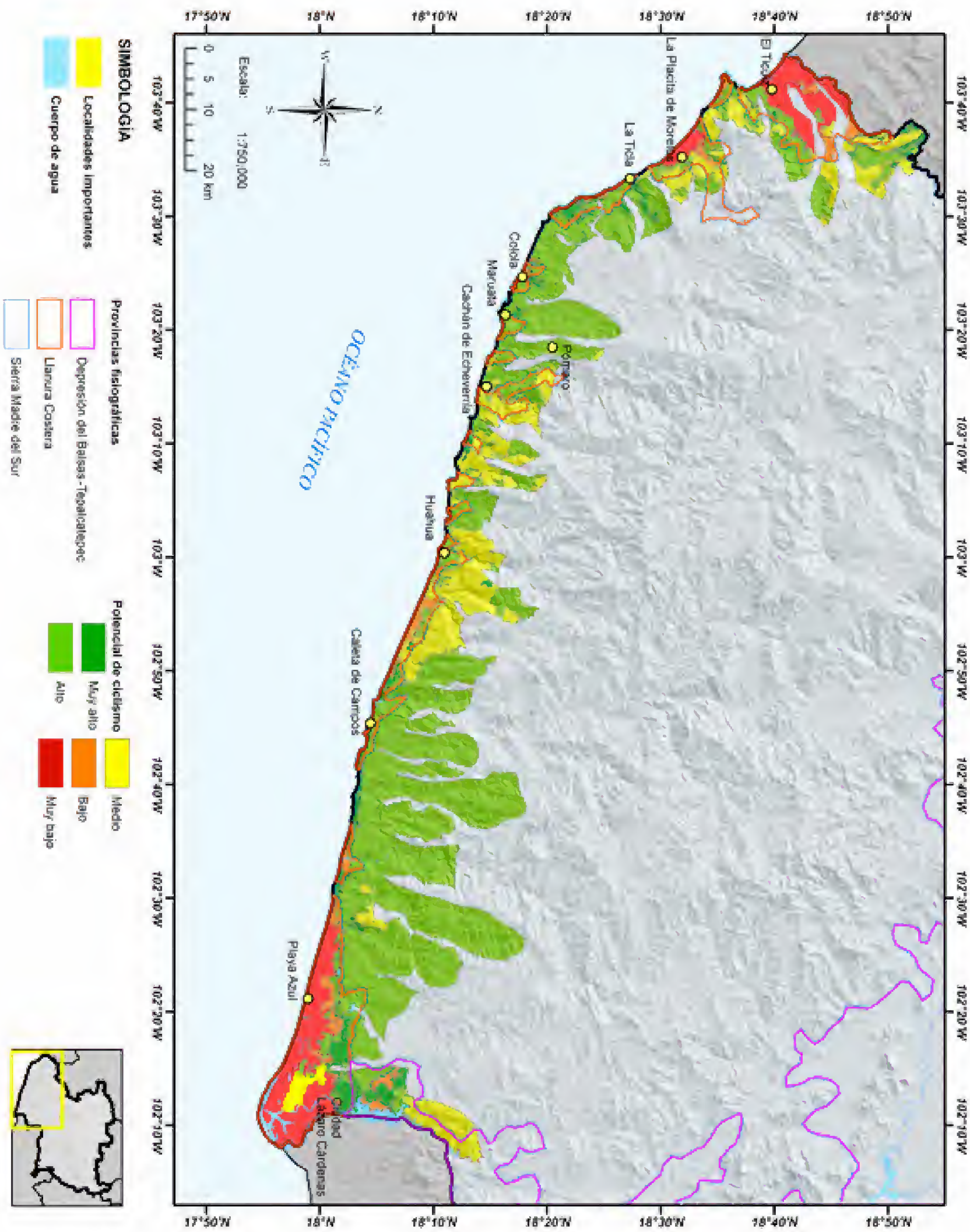


FIGURA 3. Potencial para practicar ciclismo de montaña en la costa. Fuente: Flores-Domínguez 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

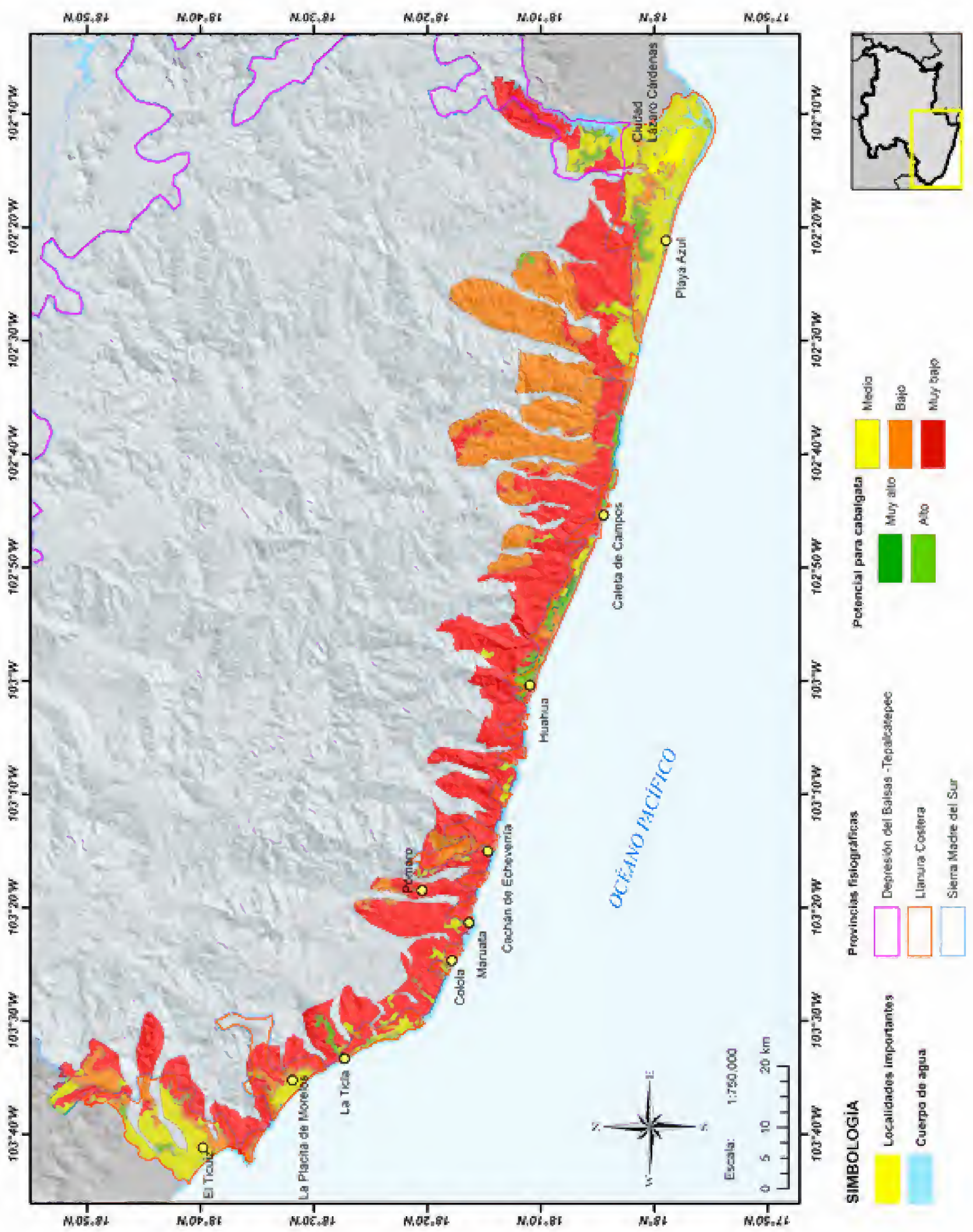


FIGURA 4. Potencial para realizar paseos a caballo en la costa. Fuente: Flores-Domínguez 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

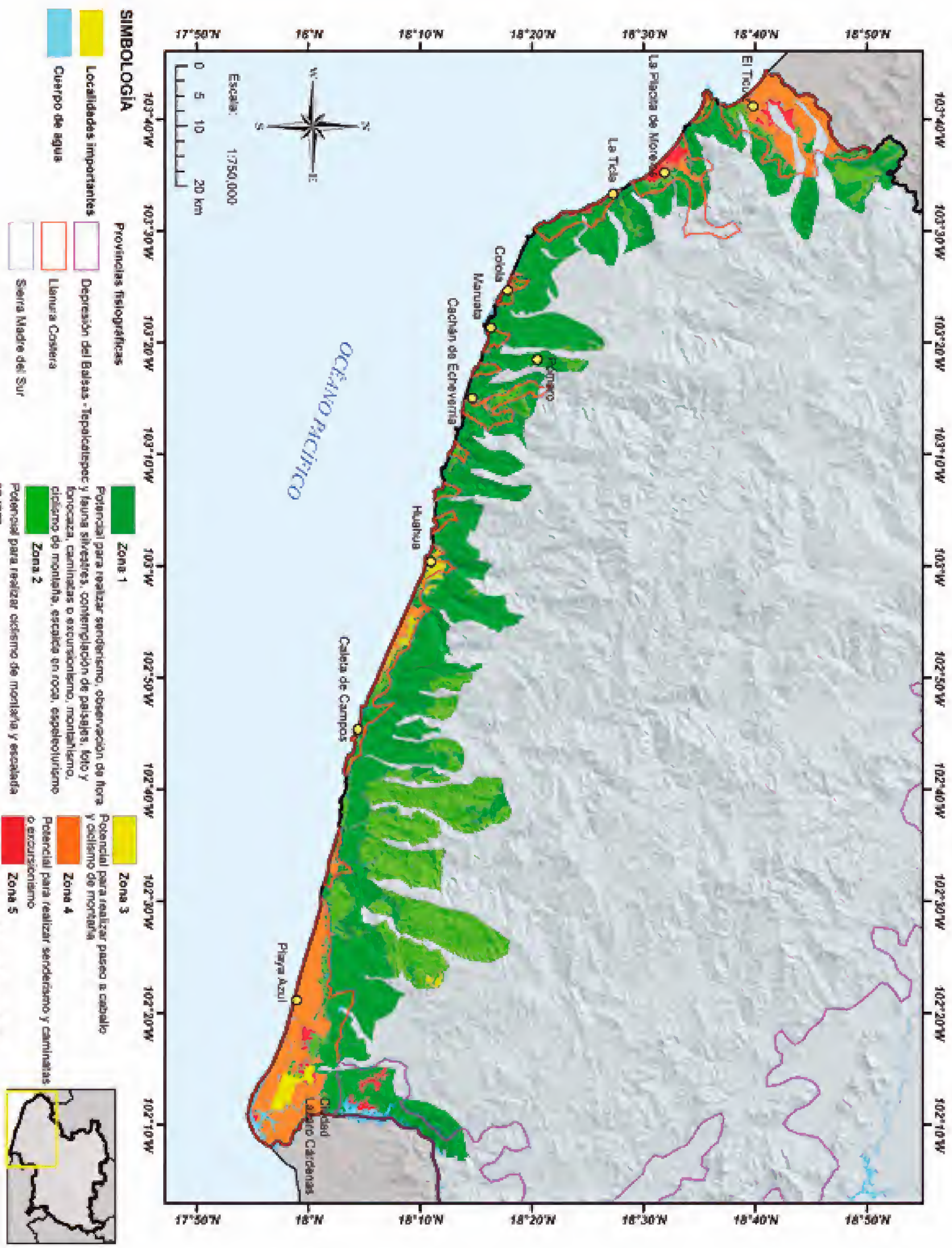


FIGURA 5. Zonificación ecoturística de la costa. Fuente: Flores-Domínguez 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

diversa, incluida la roca caliza carsificada, por lo que es común encontrar formaciones cavernosas. De todas las zonas es la que cuenta con mayor riqueza de flora y fauna, y también donde menos presencia humana existe; las localidades principales son Pómaro y La Ticla, ambas en el municipio de Aquila. Se puede practicar senderismo, observación de aves, observación de flora y fauna, contemplación de paisajes naturales, foto y fonocaza, caminatas, excursionismo, montañismo, ciclismo de montaña, escalada en roca y espeleoturismo.

Zona 2. Abarca 25% del área que equivale a 655 km^2. Más de la mitad de la zona se ubica al sur del municipio de Arteaga y otra cuarta parte al noroeste y centro de Lázaro Cárdenas, el resto de la zona se encuentra dispersa en pequeñas áreas al norte de Cachán y Pómaro, en Aquila, y hacia la porción más noroeste de Coahuayana, donde colinda con una pequeña área de Chinicuila. Se caracteriza por sus montañas y lomeríos con pendientes medianas (entre 5 y 10°), lo cual favorece un potencial alto para la realización de ciclismo de montaña y la escalada en roca.

Zona 3. Esta zona es la más pequeña con 1% del área (28 km^2). Se ubica en dos áreas del municipio de Aquila, la primera al norte y la segunda al este del poblado de Huahua. En esta zona predominan las pendientes medianas (de 5 a 10°), con un mosaico de campos de cultivo, pastizales, huertas frutales y fragmentos de vegetación natural, principalmente en las cercanías a Huahua; en esta zona existe potencial medio a alto, principalmente para paseos a caballo y ciclismo de montaña.

Zona 4. Se distribuye en 11% del área (293 km^2) dividida en tres secciones: la más extensa se encuentra en el municipio de Lázaro Cárdenas en la parte circundante a la mancha urbana y el puerto, y se extiende hacia el este, paralela a la costa hasta unos 16 km después de Playa Azul, aunque sin incluir el cordón litoral; otra parte se encuentra en el oeste de la costa, desde áreas cercanas a la zona urbana de Coahuayana hacia la zona de playa; la última parte está en el municipio de Aquila, en áreas cercanas a los poblados La Placita, Colola, Cachán y Huahua, y en una zona de playa entre Huahua y Caleta. Aunque esta zona se encuentra en planicies agrícolas o cercanas a asentamientos humanos, alberga 10 de las 13 especies de fauna endémica y posee potencial medio a alto para senderismo, caminatas y excursionismo, bajo controles adecuados para la conservación.

Zona 5. Esta zona posee potencial para paseos a caballo. Se ubica en áreas de playa cercanas a centros urbanos o poblados, como Lázaro Cárdenas o Coahuayana, donde la vegetación original ha sido bastante transformada. Abarca 2.3% (figura 5) del área (60 km^2). Se distribuye entre las localidades de La Mira y Buenos Aires, Playa Azul, del municipio de Lázaro Cárdenas, así como en las playas de Colola, La Ticla y La Placita, en Aquila, y alrededor del área urbana de Coahuayana.

CONCLUSIONES

La caracterización y cartografía de los componentes biofísicos del paisaje sirve como base para la realización de diversos estudios ambientales, como el cálculo de los potenciales ecoturísticos mostrado en este trabajo. Otro aporte importante es que se evidencia la heterogeneidad paisajística que posee la costa de Michoacán, producto de su geomorfología y litología compleja que alberga una alta riqueza biológica, con la presencia de algunos endemismos de fauna. Asimismo, los resultados de este trabajo pueden complementar estudios de planificación y desarrollo de la costa que busquen conservar su biodiversidad y generar beneficios económicos para la población local.

Dada la heterogeneidad de la costa se asume que la estructura y composición de los ecosistemas es compleja; sin embargo, es necesario mejorar el conocimiento sobre la biodiversidad existente en la zona.

Las 11 actividades evaluadas en este estudio se pueden desarrollar de manera compatible con el paisaje, específicamente 10 de ellas tienen potencial en 60% del área; los paseos a caballo se restringen a zonas con vegetación degradada o transformada, es decir, cerca de la zona urbana Lázaro Cárdenas-La Mira o a las planicies agrícolas de Coahuayana.

El cálculo de heterogeneidad, el potencial y la zonificación resultante son herramientas para la planificación turística; sin embargo, se requieren evaluaciones con un mayor detalle cartográfico para la toma de decisiones (p.e. Acosta-Villegas 2008, Sánchez-Noriega 2011). Finalmente, se recomienda complementar este trabajo con investigaciones socioeconómicas y culturales que contribuyan a la comprensión de la complejidad de la Llanura Costera de Michoacán.

REFERENCIAS

Acosta-Villegas, M.A. 2008. *Evaluación del potencial ecoturístico de un sector de la región Sierra-Costa de Michoacán*. Tesis de maestría en geografía. UNAM, Michoacán.

Antaramián, H. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. En: *Atlas Geográfico de Michoacán*. SEP/UMSNH, Editora EDDISA, México, pp. 42-46.

Baev, P. y L. Penev. 1995. BIODIV 5.1, PENSOFT. Exeter Software. Bulgaria.

Boege, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia/Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Campos-Sánchez, M., A. Velázquez-Montes, G. Bocco-Verdinelli *et al.* 2010. Defining environmental management units based upon integrated socio-economic and biophysical indicators at the pacific coast of México. *Interciencia* 35:33-40.

Chávez-Carmona, A. 1995. Vegetación y flora estuarina en la costa michoacana. *Revista de la Universidad Michoacana* 16:38-51.

CIPAMEX y CONABIO. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1999. Áreas de importancia para la conservación de las aves. Escala 1:250 000. CIPAMEX/CONABIO, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2007. *Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de Michoacán.* CONABIO/SUMA/Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno de Michoacán, México.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2012. Índice de marginación a nivel localidad 2005 (base de datos nacional). En: *<http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010>,* última consulta: 7 de marzo de 2013.

ESRI. 2013. ArcGIS Desktop, DR. ESRI Inc., EUA.

FEDME. Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada. 2007. *Manual de senderos.* Comité de Senderismo de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada, España.

Flores-Domínguez, A.D. 2010. *Zonificación funcional ecoturística de la zona costera de Michoacán a escala 1:250 000.* Tesis de maestría en geografía. UNAM, Michoacán.

Flores-Domínguez, A.D. y A. Priego-Santander. 2011. Zonificación funcional ecoturística de la zona costera de Michoacán, México a escala 1:250 000. *Revista Geográfica de América Central* 2(47):1-15.

FONATUR y Gobierno de Michoacán. 2006. Plan regional para el desarrollo turístico de la costa de Michoacán. FONATUR/Gobierno del Estado de Michoacán, Morelia.

Garduño, V. 2005. El relieve. En: *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado.* L. Villaseñor (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 21-46.

Gobierno de Michoacán. 2008. Plan Estatal de Desarrollo 2008-2012. Gobierno de Michoacán, México.

González, A.V., R. Rossi, J.A. Bastart *et al.* 1997. *Ordenamiento geoecológico del sector de Varahicacos, Península de Hicacos, Matanzas, Cuba.* Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba.

Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27:857-871.

Mateo-Rodríguez, J.M. 1984. *Apuntes de geografía de los paisajes.* Imprenta Andre Voisin, Cuba.

Nepal, S.K. y R. Chipeniuk. 2005. Mountain tourism: toward a conceptual framework. *Tourism Geographies* 7:313-333.

Novúa-Álvarez, O. 2008. PRC _Estudio v 2.01. *Estudio de programas complementarios a los sistemas de información geográfica.* Instituto de Geografía Tropical, Cuba.

PNUMA y WTO. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización Mundial del Turismo. 2002. Declaración de Québec sobre Ecoturismo. En: *<http://www.pnuma.org/industria/publicaciones.php>,* última consulta: 6 de marzo de 2013.

Priego-Santander, A.G., P. Moreno-Casasola, J.L. Palacio-Prieto *et al.* 2003. Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del Estado de Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas* 52:31-52.

Priego-Santander, A.G., G. Bocco, M. Mendoza y A. Garrido. 2010. *Propuesta para la generación de unidades de paisajes de manera semi-automatizada. Fundamentos y método.* En: *<http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/index.php>*, última consulta: noviembre de 2014.

Priego-Santander, A.G., M. Campos, G. Bocco y L.G. Ramírez-Sánchez. 2013. Relationship between landscape heterogeneity and plant species richness on the Mexican Pacific coast. *Applied Geography* 40:171-178.

Priego, A., G. Bocco, H. Rivas *et al.* 2015. Componentes abióticos del paisaje. En: *Tres niveles de análisis en la Sierra-Costa michoacana, insumos para el ordenamiento ecológico.* A. Priego y G. Bocco (eds.). CIGA-UNAM, México, pp. 17-23.

Romme, W.H. 1982. Fire and landscape diversity in subalpine forest of Yellowstone National Park. *Ecological Monographs* 52:119-121.

Rzedowski, J., R. Medina-Lemos y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico así como de la diversidad y de endemismos regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botanica Mexicana* 70:85-111.

Sánchez-Noriega, D. 2011. *Potencial de los paisajes naturales para actividades de turismo de naturaleza en el sector de la costa michoacana río Coalcomán-El Farito.* Tesis de maestría en geografía. UNAM, Michoacán.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. *Saber para proteger. Introducción al ecoturismo comunitario.* SEMARNAT, México.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Snacken, F. y M. Antrop. 1983. *Structure and dynamics of landscape system in Landscape Synthesis. Geoecological Foundations of Complex Landscape Management.* Veda, Eslovenia.

Texas Park and Wildlife Department. 2007. *An introduction to Birdwatching.* TPWD, Texas.

Turner, M. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review Ecology and Systematics* 20: 171-197.

Villaseñor, L.E. (ed.). 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado.* CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

Wood, M.E. 2002. *Ecotourism: principles, practices and policies for sustainability.* En: *<www.pnuma.org/industria/documentos/Ecotourism1.pdf>,* última consulta: 6 de marzo de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Experiencias de aprovechamiento comunitario y conservación de la biodiversidad

VICTOR MANUEL TOLEDO MANZUR, PABLO EULOGIO ALARCÓN CHÁIRES, TAMARA ORTIZ ÁVILA Y LUCERO ACOSTA MORENO

INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de los recursos naturales del país, por parte de las comunidades y ejidos, es crucial debido a que más de la mitad del territorio y sus recursos se encuentran a cargo de casi 30 mil ejidos y comunidades indígenas (Toledo *et al.* 2013). Asimismo, 80% de los bosques y selvas de la nación están bajo manejo comunitario (México es el país que encabeza este rubro a nivel mundial); además, una parte importante de la producción agrícola de temporal, las fuentes de agua y los reservorios de biodiversidad se encuentran en territorio de ejidos y comunidades.

En las últimas décadas el número de proyectos de carácter comunitario se han multiplicado en buena parte del país, sobre todo en porciones del centro, sur y sureste. Como reflejo de ello México es el primer país productor de café orgánico en el mundo, además posee la superficie más grande con manejo forestal comunitario y en su territorio se realizan proyectos pioneros con apoyo internacional, como el Corredor Biológico Mesoamericano o el Proyecto de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad (COINBIO) realizado por comunidades indígenas (Bray *et al.* 2003, Toledo 2003).

El número de experiencias comunitarias que hoy buscan un manejo sustentable de los recursos naturales es probable rebase los dos mil, con proyectos relacionados a la producción orgánica, el manejo adecuado de bosques y selvas, la protección de recursos biológicos, el cuidado y aprovechamiento del agua, la extracción correcta de recursos no maderables, el manejo de la fauna silvestre, el turismo ecológico y comunitario, la generación de artesanías, entre otros.

Michoacán se caracteriza por su gran riqueza biocultural e histórica, expresión tanto del legado prehispánico como del español que representa un importante patrimonio cultural tangible e intangible. No obstante, dicha riqueza también presenta marcados signos de pobreza y marginación social en la mayoría de sus habitantes, ya que más de la mitad de su población vive en condiciones precarias. Se presenta una síntesis de la experiencia del manejo comunitario de nueve comunidades y ejidos, con lo cual se pretende alentar la formulación de proyectos que puedan generar cambios sociales a través del manejo adecuado de sus recursos biológicos.

Toledo, V.M., P. Alarcón-Cháires, T. Ortiz-Ávila y L. Acosta Moreno. 2019. Experiencias de aprovechamiento comunitario y conservación de la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 257-267.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

EXPERIENCIAS COMUNITARIAS DE APROVECHAMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD

Hasta hace relativamente pocos años no existían proyectos relacionados con el manejo de los recursos naturales y el desarrollo en la entidad. Diferentes iniciativas que amalgaman conocimiento tradicional, ciencia y tecnología moderna con formas de organización tendientes a robustecer el tejido social, son alternativas para el desarrollo que buscan equilibrar la conservación de la biodiversidad con el desarrollo social.

De acuerdo con Toledo *et al.* (2007), cerca de 100 experiencias de este tipo se han llevado a cabo en al menos 40 municipios de Michoacán, en donde se ha logrado el manejo de la biodiversidad con bases sustentables. Para enlistar esas experiencias se realizó una exhaustiva búsqueda en diversas fuentes que incluyeron gobierno federal, estatal y municipal, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y comunitarias o locales (cuadro 1). La evidencia señala que la mayoría de los proyectos estuvieron encaminados al reconocimiento de la biodiversidad existente en los diferentes territorios (inventarios, evaluaciones rurales participativas), administración de los mismos (ordenamientos, estatutos y normas), conservación (áreas naturales protegidas, fuentes de agua y suelos), actividades productivas (principalmente ecoturismo y establecimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre), y capacitación (talleres y cursos).

Debe señalarse, por su importancia para la conservación de la biodiversidad, el papel del Proyecto COINBIO, en el que participan SEMARNAT, CONAFOR, Nacional Financiera, Global Environment Facility (GEF-Banco Mundial) y diferentes comunidades campesinas e indígenas de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán, que conforman una experiencia modelo por su eficacia, claridad conceptual y transparencia técnica y financiera.

EXPERIENCIAS NOTABLES

En la entidad, hasta 2007 existían al menos nueve experiencias comunitarias interesantes por su diversidad de actividades, nivel de organización, existencia de planes de manejo y ordenamientos ecológicos de los territorios, grado de equidad social, existencia de normatividad local o comunitaria (como reglamentos o acuerdos), reconocimiento o certificación de las experiencias y, por supuesto, buen manejo de los recursos naturales locales (cuadro 2).

Las comunidades indígenas involucradas fueron: El Coire, Santa María Sevina, Cherán y Nuevo San Juan Parangaricutiro; los ejidos La Majada, Casas Blancas, San Pedro Jácuaro y El Paso, además de la experiencia multicomunitaria en torno a las acciones de Alternare, A.C. (figura 1). A continuación se presentan elementos que han permitido el éxito de estos proyectos liderados por comunidades y ejidos.

Comunidad indígena El Coire

Se ubica en el municipio de Aquila, en la costa michoacana (provincia fisiográfica Llanura Costera). Esta comunidad indígena nahua posee casi 58 mil hectáreas que incluyen diferentes ecosistemas y van desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 3 000 msnm. Está integrada por alrededor de 600 comuneros dispersos en su territorio (Alarcón-Cháires 2005).

Sus diferentes ecosistemas (costas, selvas y bosques de coníferas), han permitido iniciar diferentes proyectos sustentables, entre los que destaca el ecoturismo, actividad que crece rápidamente debido a las características paisajísticas de la región, en particular de la playa de Colola, donde los comuneros se han organizado para ofrecer servicios que incluyen cabañas rústicas para el hospedaje construidas con material regional y a la usanza indígena, así como pláticas y paseos nocturnos con los visitantes para fomentar el cuidado de las tortugas marinas.

En esas comunidades, en su estatuto comunal, además de oficializar los usos y costumbres relacionados a la organización y administración interna, se establecen los mecanismos para regular el acceso a los recursos naturales, lo cual permite tener control sobre los procesos internos en el aprovechamiento de la riqueza biológica de su territorio y limitan la participación externa en actividades como la caza y la extracción (Alarcón-Cháires 2005).

El manejo tradicional de la biodiversidad forma parte de una estrategia imprescindible para la familia nahua de El Coire. Existen registradas 483 especies de flora y 594 de fauna que son utilizadas en la región costera michoacana y potencialmente en El Coire. De las áreas de vegetación secundaria o barbechos jóvenes se extraen plantas de tallos delgados como el xolocuahuil o cueramo (*Cordia elaeagnoides*), el cacahuananche (*Gliricidia sepium*) y el huaje o huachquile (*Leucaena* sp.), utilizados para la reparación y construcción de viviendas y cercos (Rodríguez-Lozano *et al.* 1992).

La vegetación primaria del bosque tropical también es aprovechada, aunque aquí son más frecuentes las plantas con tallos bien desarrollados susceptibles de ser aserrados, como el cóbano (*Swietenia humilis*), el tuzcuahuil o primavera (*Tabebuia donnell-smithii*), el calillocuahuil o rosa morada (*Tabebuia rosea*), la nacascual o parota (*Enterolobium cyclocarpum*), el culebro (*Astronium graveolens*) y el uje (*Brosimum alicastrum*), con las que algunos comuneros fabrican

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Experiencias de manejo comunitario de la biodiversidad.

Tipo de proyecto	Número de proyectos
Inventarios de flora y fauna	48
Ecoturismo	26
Ordenamiento territorial comunitario	19
Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)	19
Conservación, captura y cosecha de agua	16
Mantenimiento y conservación de áreas protegidas	16
Protección y manejo de fuentes de agua	13
Talleres y capacitación (diferentes temas)	12
Delimitación de áreas de conservación comunitaria	11
Restauración de suelos	10
Manejo forestal	10
Agua embotellada	9
Productos orgánicos	9
Talleres de Evaluación Rural Participativa (ERP)	8
Agroforestería	8
Producción de maíz orgánico	8
Reforestación	7
Estatutos y normas	6
Aserraderos	6
Vivero/invernadero	6
Programa de manejo de recursos naturales	4
Captura de bióxido de carbono (CO_2)	4
Agricultura orgánica, manejo de traspatio y ecotecnias	3
Estudios/pago por servicios ambientales	3
Acuacultura	3
Manejo de basura	2
Artesanía/artesanía ecológica	2
Capacitación de artesanía	2
Ecoindustrias	2
Control de plagas	2
Agricultura orgánica	2
Lombricomposta	2
Mantenimiento y conservación de manantiales	2
Vigilancia forestal	2
Educación ambiental	1
Rescate de cultivos prehispánicos	1

Fuente: Toledo *et al.* 2007.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Características de experiencias notables de manejo de recursos naturales para el 2007.

Experiencia	Número de integrantes	Superficie (ha)	Municipio	Tenencia
El Coire	600 comuneros, 4 000 habitantes	54 448.6	Aquila	Comunidad indígena
Cherán	4 000 comuneros, 20 000 habitantes	27 000.0	Cherán	Comunidad indígena
Santa María Sevina	3 000 habitantes	1 500.0	Nahuatzen	Comunidad indígena
La Majada	41 ejidatarios	1 757.5	Periban de Ramos	Ejido
Nuevo San Juan Parangaricutiro	1 300 comuneros	18 134.0	Nuevo Parangaricutiro	Comunidad indígena
Casas Blancas	54 ejidatarios	1 620.0	Salvador Escalante	Ejido
San Pedro Jácuaro	1 118 habitantes	1 800.0	Hidalgo	Ejido y comunidad indígena
El Paso	633 habitantes	460.0	Ocampo	Ejido

No se incluyen las comunidades que participan en el proyecto Alternare, A.C.
Fuente: elaboración propia.

muebles como mesas, camas, bancas y armarios, o construyen paredes para sus casas, además de utilizarlos como medicina y alimento (Rodríguez-Lozano *et al.* 1992).

Las especies silvestres que los nahuas protegen por sus cualidades alimenticias, medicinales y maderables son: el kuzcuahuil (*Roseodendron donnell-smithii*), el cuajmuchil (*Pithecellobium dulce*), el nandi (*Byrsonima crassifolia*), el cuajmichin (*Ficus* sp.), el chicozapote (*Manilkara achras*), la naranja borracha (*Citrus sinensis*), el cacalosúchil (*Plumeria rubra*), el uje (*Brosimum alicastrum*) y el calillocuahuiul (*Tabebuia rosea*; Rodríguez-Lozano *et al.* 1992). Para leña las especies más utilizadas son el palo de Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), el coral (*Caesalpinia platyloba*), el tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis*) y varias especies de huizaches (*Acacia* spp.).

La diversidad de especies involucradas en la elaboración de una artesanía es alta como lo atestigua la fabricación de los *ikpalis* (sillas equipales), en donde se utilizan especies como palo de San Miguel (*Caesalpinia pulcherrima*), guásima (*Guazuma ulmifolia*), sacasilla (*Hipocratea volubilis*), cachumba (*Piscidia* sp.), bejuco (*Combretum farinosum*), cuero de vaca (*Lonchocarpus eriocarinalis*), tamarindillo (*Xylapia frutescens*) y tecomaxóchitl o panicua (*Cochlospermum vitifolium*; Rodríguez-Lozano *et al.* 1992).

En lo que respecta a la pesca, los nahuas aprovechan 137 especies de peces de interés comercial (Galván-Torres 1989), entre ellas: langostas (*Panulirus inflatus* y *P. interrupts*), pulpo (*Octopus* sp.), caracol burro (*Strombus galeatus*), caracol chino (*Muricanthus ambiguus*), callo margarita (*Spondylus calficer*), callo de hacha (*Atrina maura*), percebes (*Lepas* sp.), chacal o langostino de río (*Macrobrachium* sp.) y ostión de roca (*Crassostrea iridescens*; Alarcón-Cháires *et al.* 2002, Alarcón-Cháires 2005).

Por otra parte, las variedades de maíz nativo de la región (tampique, reventador, tepite, delgado, roquero y negro), permiten su siembra en diferentes climas, aprovechando ya sea su precocidad o su desarrollo tardío (Cochet *et al.* 1988). Además, el uso múltiple del ecosistema serrano y costero permite a la familia nahua abastecerse de grano de maíz a partir de diferentes fuentes y en distintos momentos, reforzando su autosuficiencia, aunado al hecho de que la producción de maíz se realiza con otros cultivos asociados como calabaza (*Cucurbita* spp.), sandía (*Citrullus lanatus*), cacahuate (*Arachis hipogaea*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y pepino (*Cucumis sativus*), aunque ya existe la introducción de especies forrajeras.

Comunidad indígena de Cherán

Enclavada en el corazón de la meseta Purépecha (en el Sistema Volcánico Transversal), la comunidad de Cherán es un ícono en la organización social para la defensa de los recursos naturales. Con una población municipal cercana a los 20 mil habitantes, esta comunidad indígena posee 27 mil hectáreas, de las cuales 74% son bosques templados (INEGI 2010).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

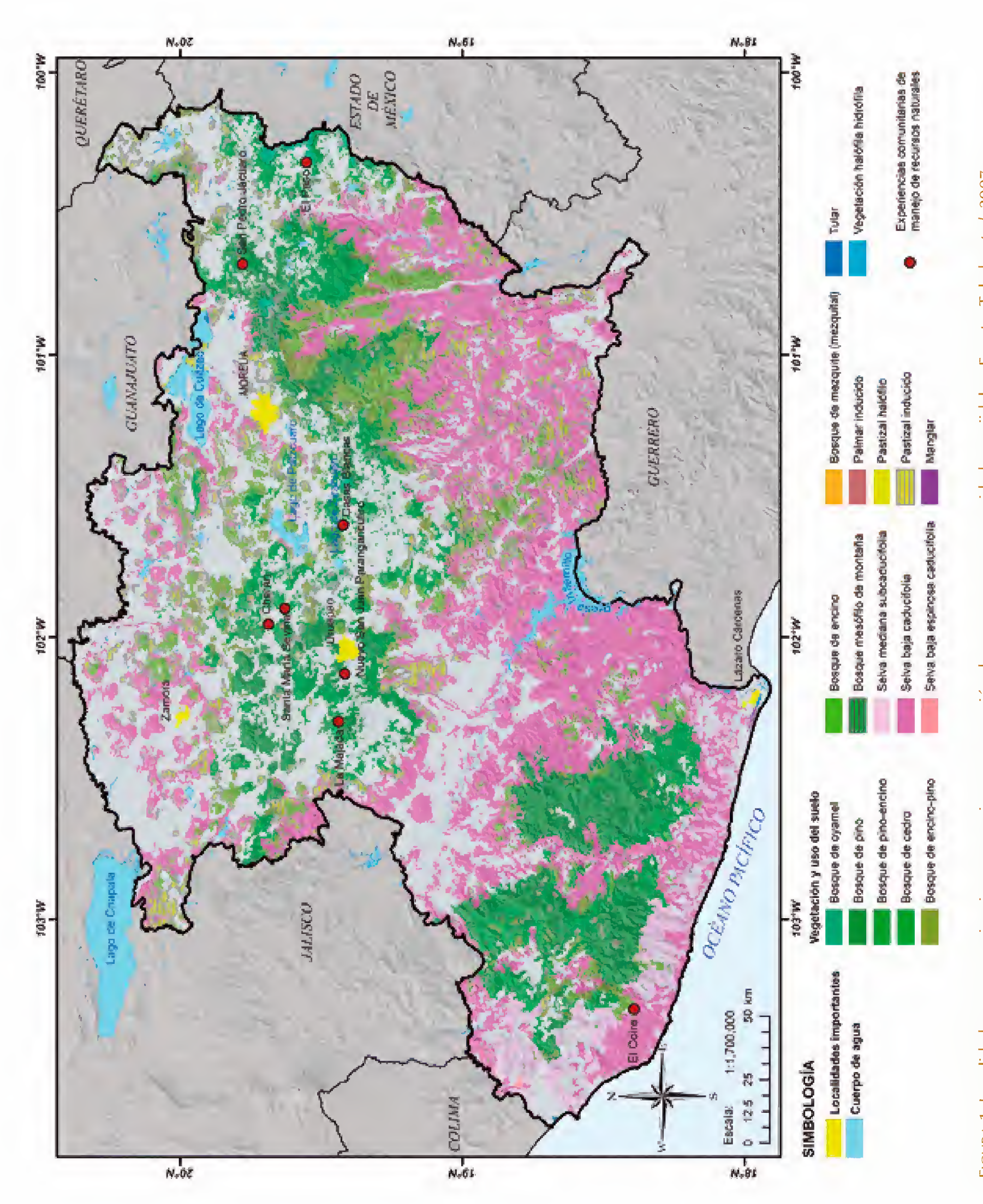


FIGURA 1. Localidades con experiencias en manejo y conservación de recursos por comunidades y ejidales. Fuente: Toledo *et al.* 2007.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La tala clandestina, asociada a grupos delictivos y la falta de control de la autoridad forestal propiciaron la pérdida de cerca del 80% de la masa forestal, lo que originó procesos erosivos, pérdida de la biodiversidad y de servicios ecosistémicos, cambios climáticos a escala local y regional, y la disminución de los mantos freáticos y del caudal de los manantiales que surten de agua a la región.

Lo anterior, aunado a secuestros, despojos, extorsiones y asesinatos ocurridos a comuneros, motivó que desde el 15 de abril del 2011 se organizaran para defender sus bosques y el tejido social de las relaciones que distinguen a esta comunidad indígena, formando una policía comunitaria que ha logrado disminuir los índices de delincuencia y la tala clandestina. Además, surgió un Consejo Mayor, integrado por notables de la comunidad quienes sustituyeron la clásica administración orgánica municipal, con el objeto de construir su futuro de manera horizontal y colectiva.

Los logros de esta innovadora, aunque no nueva forma de organización, incluyen la construcción de un vivero para la reforestación con una producción de 1 500 000 plantas para reforestar las áreas boscosas comunales los próximos años, la implementación de obras para la conservación del agua y la reactivación del aserradero comunitario para generar en la región una cadena productiva forestal con bases sustentables. Por otra parte, la administración, a través del Consejo Mayor, ha presentado avances para mejorar la infraestructura de escuelas y desarrollar obras de saneamiento básico y pavimentación (obs. pers. 2015).

Comunidad indígena de Santa María Sevina

Esta comunidad indígena se localiza en la región de la meseta Purépecha, municipio de Nahuatzen. Desde inicios de la década de los noventa, sus habitantes han realizado trabajos enfocados a la conservación de sus bosques y al desarrollo de la comunidad, a través de actividades de conservación de suelo y agua, así como trabajos colectivos para prevenir y combatir incendios forestales (figura 2). Cuentan con un vivero forestal comunitario y han logrado reforestar y restaurar los suelos dentro de las parcelas. Paralelamente al manejo forestal, la comunidad ha desarrollado un proyecto de

FIGURA 2. Actividades forestales en la comunidad indígena de Sevina. Fotos: tomadas de Toledo *et al.* 2007.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ecoturismo, para el que construyeron cabañas y un salón de eventos que ellos mismos administran.

En esta comunidad, tanto las actividades ecoturísticas como las de manejo forestal están respaldadas por acuerdos internos que han quedado establecidos en su estatuto comunal, además de contar con su propio plan de manejo forestal, un plan de desarrollo comunitario y, desde 2012, con su propio ordenamiento territorial comunitario.

Ejido La Majada

Se localiza en el municipio de Peribán de Ramos, sobre el Pico de Tancítaro en la meseta Purépecha. Representa el punto más alto del estado (3 845 msnm). Esta montaña forma parte del Sistema Volcánico Transversal y de las cuencas de los ríos Balsas y Tepalcatepec. Desde el punto de vista ecológico esta zona muestra una transición entre la vegetación representativa de dos provincias biogeográficas del continente americano: la Neártica y la Neotropical. El volcán fue decretado en 1940 como área natural protegida con la denominación de parque nacional; algunos tipos de vegetación representativos en la región son los bosques de pino y oyamel.

Este ejido fue dotado de 1 757.5 ha en 1956 y para 2018 está constituido por casi medio centenar de ejidatarios. Desde hace más de 20 años iniciaron trabajos vinculados con el manejo forestal y el ecoturismo (figura 3). A la fecha cuentan con un reglamento interno, un ordenamiento territorial comunitario y una empresa ecoturística denominada Piedra del Horno, que cuenta con cabañas equipadas con energía solar y ofrece rutas para senderismo y campismo en el interior del bosque.

Para mantener los bosques, el ejido ha realizado trabajos de restauración, reforestación, control de plagas, obras de conservación de suelos y brechas corta fuego. Asimismo, establecieron la línea base para llevar a cabo captura de CO_2, contando con un esquema de compensación por servicios ambientales (Velásquez-

FIGURA 3. Ejido La Majada. Integración de actividades forestales productivas y ecoturismo. Fotos: tomadas de Toledo *et al.* 2007.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Montes 2004, Ramírez-Sánchez 2005). La comunidad recibe capacitación constantemente y ha participado en intercambios de experiencias con otras comunidades de Michoacán y de Oaxaca.

Comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro

Esta comunidad es considerada como uno de los referentes nacionales en lo que se refiere a empresas comunales con manejo forestal. La comunidad se ubica en el municipio del mismo nombre dentro de la meseta Purépecha. Es uno de los ejemplos más claros en los que en una comunidad indígena convergen usos y costumbres, tecnología de vanguardia y manejo sustentable de los recursos forestales. Se integra por cerca de 1 300 comuneros y comuneras, y emplean a poco más de 900 trabajadores, en actividades como la cosecha de madera, recolección de resina, de semillas forestales de plantas ornamentales y rituales, así como recolección de plantas medicinales, producción en viveros, ecoturismo, manejo de fauna y actividades agroforestales.

En 1981 surgió como empresa comunal forestal por acuerdo de su asamblea general, la cual rige su operación y funcionamiento desde entonces. Cuenta con una superficie de 18 134 ha, de las cuales 65% es bosque de coníferas. Su actividad está basada en un programa de manejo forestal para el aprovechamiento eficiente de bienes y productos obtenidos del bosque, que incluyen madera (en diferentes presentaciones), brea, aguarrás, carbón vegetal y viveros; además, cuentan con una fábrica de muebles que abastece parte del mercado nacional e internacional. A partir de 1988 cuenta con su propio servicio técnico forestal, lo cual le dio independencia y la posibilidad de controlar diferentes procesos relacionados con la explotación forestal (Velázquez *et al.* 2003). El éxito de la empresa no es sólo por el uso sustentable y eficiente de sus bosques, sino que han diversificado su producción ya que también cuentan con programas agrícolas, frutícolas y pecuarios. Entre sus proyectos sociales está una tienda comunal que ofrece productos a precios de recuperación y con el mínimo de ganancias, así como una bodega que provee de insumos agrícolas a precios competitivos. Siguiendo esta tendencia a la diversificación, Nuevo San Juan ha desarrollado un programa de ecoturismo que se combina con la cría de venado cola blanca. Adicionalmente, dispone de un laboratorio de análisis de suelos y cuenta con un ordenamiento territorial que fue elaborado mediante un sistema de información geográfica (Toledo *et al.* 2007; figura 4).

Por su trabajo, la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro ha recibido múltiples premios y reconocimientos, entre ellos: en 1984 el Premio

FIGURA 4. Diversificación productiva en Nuevo San Juan Parangaricutiro. Fotos: tomadas de Toledo *et al.* 2007.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Nacional Forestal otorgado por el gobierno mexicano por el buen manejo forestal; el certificado de Buen Manejo Forestal 2000, otorgado por Smart Wood; y en 2002 la presidencia municipal otorgó la presea Parangaricutiro, a la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales.

Ejido Casas Blancas

El ejido está ubicado en el municipio de Salvador Escalante, uno de los principales productores de madera del estado y de la meseta Purépecha. Está conformado por 54 ejidatarios con una dotación de 30 ha cada uno. Al igual que en otros ejidos de la región, el bosque ha sido eje central en la vida de las familias y en la organización social del ejido, donde se han hecho compatibles la conservación y restauración de los ecosistemas y el aprovechamiento sustentable (Toledo *et al.* 2007).

Cada ejidatario mantiene en su parcela una superficie dedicada a la conservación del bosque y a la reforestación, y en más de la mitad existe el cultivo de maíz y de ganado pecuario.

En 1991, como resultado de un proceso de organización local, municipal y de intercambio con otros ejidos y comunidades, ejidatarios de Casas Blancas comenzaron a reforestar sus parcelas recibiendo apoyos por parte del gobierno. En un principio dicha reforestación tenía lugar principalmente en las laderas, pero después empezó a realizarse en los propios terrenos agrícolas. En el 2000 los comuneros integraron la Sociedad de Producción Rural Amanecer Productivo, que tiene por objeto la conservación y recuperación de sus bosques además del aprovechamiento sustentable.

Entre los proyectos productivos desarrollados por las mujeres de Casas Blancas y Opopeo, se encuentra la elaboración de tortillas con estufas eficientes (Patsari), con el que han logrado posicionarse como las principales abastecedoras en el mercado local y regional, además de promocionar sus productos participando en eventos como la Feria del Maíz Criollo, que se lleva a cabo en Pátzcuaro.

El ejido Casas Blancas cuenta con un plan de manejo forestal, ordenamiento ecológico e inventario de flora y fauna.

San Pedro Jácuaro

El ejido y la comunidad indígena de San Pedro Jácuaro se encuentran en el municipio de Hidalgo. Su superficie forestal es de cerca de 1 800 ha, de las cuales se aprovechan forestalmente alrededor del 88%.

El ejido destaca por su organización dentro de la región oriente de Michoacán (municipios de Zitácuaro, Ciudad Hidalgo, Angangueo, Ocampo, Maravatío, Tlalpujahua y Huetamo), debido al adecuado manejo de sus recursos forestales donde se conjuntan el aprovechamiento forestal maderable, no maderable (extracción de resina) y el desarrollo ecoturístico.

Desde la década de los cincuenta, la principal actividad del ejido era la extracción de resina; sin embargo, los ejidatarios iniciaron la diversificación de sus actividades motivados por la inquietud de aumentar el valor de sus bosques y ofrecer ingresos económicos a sus pobladores que les permitieran mejorar su calidad de vida y proteger los valores ecológicos, culturales y sociales de la población. De esta forma se impulsó el aprovechamiento de la madera y la industria del aserrío. Posteriormente, en la década de los ochenta, iniciaron un desarrollo ecoturístico con las ganancias derivadas del aprovechamiento forestal.

San Pedro Jácuaro fue reconocido con el Premio Nacional al Mérito Forestal 2006, en la categoría de manejo forestal sustentable, por su visión a futuro, constancia y por más de 50 años de trabajo basado en el uso integral de sus recursos forestales.

Organización Alternare, A.C.

Es una organización no lucrativa formada por un grupo de profesionales con amplia experiencia en la conservación de los recursos naturales; tiene como tarea central el desarrollo de procesos de educación ambiental en comunidades rurales. Con presencia en la región oriente desde 1997 (municipios de Zitácuaro, Ciudad Hidalgo, Angangueo, Ocampo, Maravatío, Tlalpujahua y Huetamo). La organización cuenta con un centro de capacitación que incluye instalaciones para seminarios, comedor, sala de cómputo, biblioteca, herbario, dormitorios y áreas demostrativas para agricultura y horticultura orgánicas, manejo de suelos, producción de composta, manejo de animales de traspatio y producción de plantas medicinales, miel y conservas (Toledo *et al.* 2007).

Sus actividades están dirigidas a lograr entre los productores un cambio de actitud en la percepción, uso y manejo de los recursos naturales, ello mediante su inserción en procesos de educación y capacitación. El programa de educación/capacitación plantea tres metas: 1) la producción para el autoconsumo y la autosuficiencia familiar, 2) la conservación del bosque y sus recursos y 3) la creación de unidades de producción campesina con capacidad para comercializar.

Tras una década de esfuerzos se ha logrado la construcción de miles de metros de zanjas y terrazas a nivel, lo que ha permitido la filtración de millones de litros de agua de lluvia y la retención de más de mil de toneladas de suelo, además de la construcción de estufas ahorradoras de leña, la construcción de viviendas de adobe y la reforestación con árboles cultivados en los viveros colectivos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Alternare, A.C. ha logrado capacitar a varios instructores comunitarios y mantiene relaciones y actividades con grupos organizados pertenecientes a cinco comunidades indígenas (Donaciano Ojeda, Francisco Serrato, Nicolás Romero, Crescencio Morales y Carpinteros) y seis ejidos (Nicolás Romero, Francisco Serrato, El Capulín, Macheros, San Felipe de Jesús y Juan Pérez).

Ejido El Paso

Cuenta con una extensión de 460 ha, con una masa forestal sobre un rango altitudinal que va de los 2 600 a los 3 200 msnm. La ubicación del ejido El Paso (municipio de Ocampo) es importante en la dinámica de los movimientos de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), por lo que es estratégico para la protección de esta especie y de los bosques que la hospedan. Además, sus terrenos forestales situados al norte del cerro El Huacal y al oriente del llano del Chivatí, conforman una importante zona para la captación de agua.

Contrastando con la situación del resto de los núcleos agrarios de la región, donde el deterioro de los recursos forestales es un común denominador, El Paso ha logrado mantener sus bosques en un estado excelente por más de seis décadas, lo cual es el resultado de la organización y participación de sus miembros, de la aplicación de métodos de aprovechamiento forestal adecuados y de la estricta vigilancia que han mantenido los ejidatarios de su territorio (Toledo *et al.* 2007).

La alta calidad de las masas boscosas del ejido ha quedado de manifiesto al analizar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, como la infiltración del agua en los suelos del bosque, la diversidad de especies de plantas y de fauna nativa (39 especies de mamíferos y 99 de aves), la calidad del arbolado y las características fisicoquímicas de los suelos (Gómez-Tagle y Chávez-Huerta 1999). De igual forma, se ha minimizado la erosión en los bosques del ejido, los procesos de sucesión secundaria son mínimos y es constante el flujo de agua proveniente de manantiales y arroyos.

CONCLUSIONES

En Michoacán se desarrollan prácticamente todas las actividades primarias, desde agricultura y agroforestería, hasta pesca, extracción forestal y producción de artesanías; de forma que, los recursos de la entidad son aprovechados principalmente por los núcleos agrarios (ejidos y comunidades), muchos de los cuales están integrados por población indígena.

La existencia de experiencias comunitarias de manejo adecuado de los recursos naturales locales resulta alentadora, ya que se abordan de manera integral una serie de actividades dirigidas a la conservación, restauración y uso sustentable de los ecosistemas, que han generado una cohesión social y mejoramiento de la calidad de vida. Entre las actividades desarrolladas por las comunidades se encuentran más de 30 proyectos diferentes, en donde destacan los inventarios de sus recursos, el ordenamiento y planeación territoriales, el manejo del agua, el ecoturismo comunitario y la producción forestal.

La existencia de estos casos de éxito sugiere que en la entidad están ocurriendo procesos de participación comunitaria en ámbitos novedosos, lo cual es bastante prometedor, ya que se conjunta la conservación de ecosistemas templados con especies prioritarias para la conservación.

Este fenómeno está ligado tanto a acciones de política pública estatales y federales (entre las que destaca indudablemente el proyecto COINBIO), como a la inserción de proyectos académicos de instituciones universitarias (como la UNAM y la UMSNH) y de diversas organizaciones de la sociedad civil. En definitiva, esta vía que busca un adecuado uso comunitario de recursos en una entidad donde 60% del territorio se encuentra bajo manejo de los sujetos agrarios debe fomentarse debido a que ofrece una opción viable de desarrollo sustentable. Igualmente, conviene multiplicar, en la medida de lo posible, las enseñanzas y aprendizajes de las experiencias aquí descritas.

Es importante que a estas iniciativas se les dé seguimiento para ser apoyadas y mejorar la gestión actual de sus recursos naturales. Ello implica generar acciones encaminadas a la capacitación, difusión, acercamiento a los procesos y actores que permitan generar proyectos, a la vez que faciliten el establecimiento de redes de colaboración.

Finalmente, no puede dejar de señalarse que junto a los resultados obtenidos de estudios similares en Oaxaca y Quintana Roo, el caso de Michoacán demuestra que el fenómeno de manejo comunitario de los recursos locales, con perspectiva de desarrollo sustentable, es cada vez más frecuente, por lo que es importante generar sinergias en entidades contiguas del centro y sur del país, en las que también se presentan experiencias exitosas de manejo y conservación. Por lo anterior, importancia, potencialidad y experiencia acumulada en diversas entidades deben ser analizadas y difundidas lo más ampliamente posible.

REFERENCIAS

Alarcón-Cháires, P. 2005. *Flora, fauna y apropiación de la naturaleza en la región nahua de Michoacán*. C.I. El Coire/CIECO-UNAM/COINBIO, México.

Alarcón-Cháires, P., A. Acosta y A.L. Fuentes. 2002. *Caracoles marinos. Colecta, conservación e identificación de los gasterópodos más comunes de Michoacán. Guía de Campo*. UMSNH/SUMA/CIDEM/COMPESCA, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Bray, D.B., L. Merino-Pérez, P. Negreros-Castillo *et al.* 2003. Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17:672-677.

Cochet, H., E. Léonard y D. De Surgy. 1988. *Paisajes agrarios de Michoacán*. El Colegio de Michoacán, México.

Galván-Torres, R. 1989. *Contribución al conocimiento de los peces marinos de interés comercial en la Bahía de Maruata, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Gómez-Tagle, A. y Y.M. Chávez-Huerta. 1999. El sistema agrológico forestal como base para el diagnóstico-manejo forestal integrado en la reserva Chivatí-Huacal, Michoacán. En: *Reunión de América del Norte sobre la mariposa monarca*. J. Hoth, L. Merino, K. Oberhauser *et al.* (eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental, México, pp. 249-253.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI, México.

Ramírez-Sánchez, L.G. 2005. *Modelos de manejo de los recursos naturales en la cuenca Chondo del Pico de Tancítaro, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rodríguez-Lozano, G., J. Robles del Valle y J. Alvarado Díaz. 1992. Agricultura y plantas útiles de la zona náhuatl de la costa michoacana. *Revista de la Universidad Michoacana* 4:76-84.

Toledo, V.M. 2003. Los pueblos indígenas: actores estratégicos para el Corredor Biológico Mesamericano. *Biodiversitas* 47:8-14.

Toledo, V.M., P. Alarcón-Cháires, T. Ortiz y L. Acosta. 2007. *Atlas de experiencias comunitarias en manejo sostenible de los recursos naturales en Michoacán*. SEMARNAT-Programa para los Pueblos Indígenas, México.

Toledo, V.M., D. Garrido y N. Barrera-Bassols. 2013. Conflictos socioambientales, resistencias ciudadanas y violencia neoliberal en México. *Ecología Política* 46:115-124.

Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (comps.). 2003. *Las enseñanzas de San Juan*. SEMARNAT/INE/SUMA, México.

Velázquez-Montes, J.A. 2004. Biodiversidad, hábitat y manejo en el Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán, México. Informe final del Proyecto R092-CONABIO. Instituto de Geografía-UNAM, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Sinergias y antagonismos: manejo agronómico y mantenimiento de la diversidad de herbáceas y polinizadores en huertas de aguacate

MAYRA ELENA GAVITO PARDO, LAURA ELENA VILLAMIL ECHEVERRI, YAIR MERLÍN URIBE, JUAN MARTÍNEZ CRUZ, ENRIQUE RAMÍREZ GARCÍA, RICARDO AYALA BARAJAS Y MARTA ASTIER CALDERÓN

INTRODUCCIÓN

Michoacán es el principal productor de aguacate de México y del mundo (SIAP-SAGARPA 2010). El cultivo de aguacate en la entidad supera las 110 mil hectáreas (Morales y Cuevas 2011) y con ello concentra más de 80% de la superficie plantada en el país (Anguiano *et al.* 2006). La expansión del cultivo de aguacate, que en el siglo pasado se concentró en zonas ya abiertas a cultivo, ha avanzado sobre las superficies forestales en años recientes (Morales y Cuevas 2011), generando preocupación por la pérdida de biodiversidad y servicios ambientales (figura 1).

El manejo de la cobertura arbórea y herbácea, y el uso de agroquímicos e insumos orgánicos, pueden influir en la biodiversidad asociada a los cultivos de grandes extensiones (Kremen *et al.* 2002), como el aguacate.

A diferencia de los cultivos anuales, que tienen un alto recambio de especies y alteraciones fuertes con cada ciclo de cultivo, las huertas aguacateras tienen gran potencial para mantener alta diversidad y buena provisión de servicios ecosistémicos.

Las huertas aguacateras son principalmente plantaciones en monocultivo, pero difieren en sus prácticas de manejo: en las labores culturales para el manejo del suelo y las arvenses, en las podas, en las cantidades y los tipos de insumos de fertilización y control de hierbas, plagas y enfermedades (Astier *et al.* 2014). Esos aspectos del diseño y manejo de las huertas modifican la diversidad de otros organismos que se alojan en las grandes extensiones de cultivos aguacateros y que pueden brindar servicios ecosistémicos, como mejorar la calidad del suelo (Bonilla-Balderas 2015), el control de la erosión (García-Brulé 2015) y la polinización (Villamil-Echeverri 2014).

En este trabajo se expone la información generada y recopilada sobre la forma en que el diseño estructural de las huertas y su manejo pueden favorecer o perjudicar la diversidad de plantas herbáceas y visitantes florales, lo que conlleva una provisión natural de los servicios ecosistémicos mencionados.

FIGURA 1. Paisaje con huertas de aguacate y bosques. Foto: Yair Merlín Uribe.

Gavito, M.E., L. Villamil, Y. Merlín-Uribe, J. Martínez-Cruz, E. Ramírez-García, R. Ayala y M. Astier C. 2019. Sinergias y antagonismos: manejo agronómico y mantenimiento de la diversidad de herbáceas y polinizadores en huertas de aguacate. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 269-278.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONTEXTO ECOLÓGICO DE LA BIODIVERSIDAD DE HIERBAS Y POLINIZADORES

Existe una fuerte relación entre la biodiversidad de plantas y la de los visitantes florales: por un lado se lleva a cabo el uso de recursos alimenticios (p.e. polen y néctar) por parte de animales, mientras que el sistema de reproducción de las plantas requiere la transportación de polen, acción frecuentemente desarrollada por animales (Le Feon *et al.* 2010).

El aguacate es una especie cuyas flores abren en estado femenino en un momento del día y en otro momento abren en estado masculino, lo cual hace necesario el transporte de polen desde las flores masculinas para ser depositado en las femeninas, papel que realizan principalmente los insectos.

Entre esos insectos acarreadores de polen sobresalen las abejas, avispas y moscas, muchas de ellas silvestres; no obstante, la introducción de colmenas de la abeja europea (*Apis mellifera*) a los huertos, ha provocado que esta especie sea la principal polinizadora en Michoacán, así como en otras zonas productoras de aguacate, como el Estado de México, Puebla, Chiapas y Veracruz (Ish-Am *et al.* 1999).

Las plantas herbáceas asociadas a este cultivo proporcionan recursos alimenticios a los insectos, y en la época de ausencia de la flor del aguacate, que dura por lo regular de dos a tres meses, pueden proporcionar el alimento necesario para el sostenimiento de esta comunidad (Lentini *et al.* 2012). La cobertura de plantas herbáceas provee diversos servicios ecosistémicos adicionales: 1) el mantenimiento natural de la fertilidad mediante la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo orgánico, el ciclaje de nutrientes, la estructuración del suelo y el almacenamiento de carbono; 2) la captación y retención del agua de lluvia en el suelo; y 3) la reducción de la lixiviación de los fertilizantes hacia los cuerpos de agua (Dale y Polasky 2007, Havstad *et al.* 2007).

En este documento se resumen los resultados de un estudio en el que se evaluó la diversidad de las plantas herbáceas en 36 huertas (20 con manejo convencional y 16 con manejo orgánico) y los visitantes florales en 10 huertas (cuatro convencionales y seis orgánicas) en plantaciones de diferentes edades localizadas en los alrededores de Uruapan, abarcando un rango altitudinal de 1 300 a 2 500 msnm (Gavito *et al.* 2011, 2012).

Las huertas de la franja aguacatera de Michoacán se agruparon en dos grandes tipos de manejo, dependiendo de los insumos y las prácticas que utilizaban: convencionales y orgánicas (cuadro 1). Es importante aclarar que en este trabajo esta categorización se hace para simplificar la información y para ejemplificar que dentro de cada tipo de manejo hay prácticas específicas con muchas variantes que se derivan de la selección que hace cada productor de las cantidades, frecuencias e intensidades en los productos o prácticas que va a implementar. Además, pueden existir diferencias en el diseño (densidad y altura de los árboles, ancho de los espacios entre filas de árboles) y las características biofísicas de las huertas (tipo de suelo, grado y exposición de la pendiente, microclima) que pueden influir en la biodiversidad asociada a ellas.

RIQUEZA DE HIERBAS

Se identificaron 236 especies de hierbas en las 36 huertas (Merlín-Uribe *et al.* 2014*a*). La riqueza de hierbas fue de entre 30 y 72 especies por huerta. Se registraron 26 especies de plantas asociadas a bacterias fijadoras de nitrógeno y 57 especies de atrayentes de polinizadores (Merlín-Uribe *et al.* 2014*b*). El manejo convencional presentó en promedio por huerta menor riqueza de especies totales (figura 2), de especies fijadoras de nitrógeno y especies atrayentes de polinizadores (figura 3), y menor cociente de herbáceas dicotiledóneas *vs* monocotiledóneas (figura 4) que el manejo orgánico.

No obstante, a pesar de ser una tendencia clara y consistente, hubo gran variación entre huertas y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de manejo. Tampoco hubo relación entre la riqueza de especies y la zona altitudinal o la edad de las plantaciones; sin embargo, las prácticas específicas de la huerta, sobre todo el número de cortes de la hierba y la apertura del dosel formado por las copas de los árboles fueron las que más influyeron en su riqueza y composición florística. Esto se asocia a que, sea manejo convencional u orgánico, el productor de cada huerta decide cuántos cortes de hierba se realizan, de qué manera la corta y qué tan cerrado mantiene el dosel de los árboles (Villamil-Echeverri 2014).

El número de especies fijadoras de nitrógeno fue variable entre huertas, y en varias huertas convencionales no se encontró ninguna especie fijadora de nitrógeno. Dado que tanto las huertas convencionales como las orgánicas se fertilizan excesivamente (Pat-López 2015), se deduce que no sólo es la fertilización, que se sabe que reduce la fijación, sino el tipo de químicos aplicados y el manejo de la cobertura lo que puede estar reduciendo la presencia de fijadoras de nitrógeno.

Las especies fueron separadas en dicotiledóneas y monocotiledóneas, para explorar los cambios entre individuos atrayentes de polinizadores inducidos por el manejo en las huertas debido a los cortes, ya que estos promueven a las especies monocotiledóneas que tienen gran capacidad de reproducción vegetativa subterránea

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Tipo de manejo y prácticas específicas que se realizan en las huertas de la franja aguacatera.

Tipo de manejo	Prácticas específicas
Convencional: principalmente basado en el uso de productos derivados de síntesis química, como insumos agrícolas	Tipo de fertilizantes: N, P, K, Mg, Ca, S, B, Fe, Mn, Zn, en compuestos de síntesis química que se aplican de manera individual o combinada en una amplia gama de productos. Muchas huertas aplican también estiércol de res y compostas, además de los fertilizantes químicos
	Cantidad de nutrimentos esenciales: 100-600 kg N/ha, 150-1000 kg P/ha, que se reparten en 2 a 9 aplicaciones por año
	Ingredientes activos en pesticidas: aldrin, permetrina, azadiractina, spinosad, spinosyn, spinetoram, lambda y gamma-cyhalotrina, eter poliglicol del tridecanol, malatión, imidacloprid; otros ingredientes: cal, azufre y cobre
	Ingredientes activos en herbicidas: glifosato
Orgánico: principalmente basado en el uso de productos orgánicos y naturales sin procesamiento químico, como insumos agrícolas	Tipo de fertilizantes: N, P, K, Mg, Ca, S, B, Fe, Mn, Zn, en compuestos orgánicos o derivados de fuentes naturales que se aplican de manera combinada en una amplia gama de productos que incluyen preparados líquidos, estiércoles, harina de rocas, harina de pescado y compostas
	Cantidad de nutrimentos esenciales: 100-600 kg N/ha, 150-1000 kg P/ha, que se reparten en 3 a 8 aplicaciones por año
	Ingredientes en pesticidas: microorganismos, vegetales (aceites, extractos, jabones y tés), cal, azufre y cobre
	Ingredientes en herbicidas: no usan herbicidas
Ambos: prácticas ejercidas en la mayoría de las huertas, que no tienen relación con el tipo de insumos	Control de crecimiento de hierbas (chaponeo) Podas de saneamiento y control de crecimiento de los árboles Introducción de colmenas de abeja europea

Fuente: Astier *et al.* 2012, Villamil-Echeverri 2014, Pat-López 2015, Villamil-Echeverri *et al.* 2017.

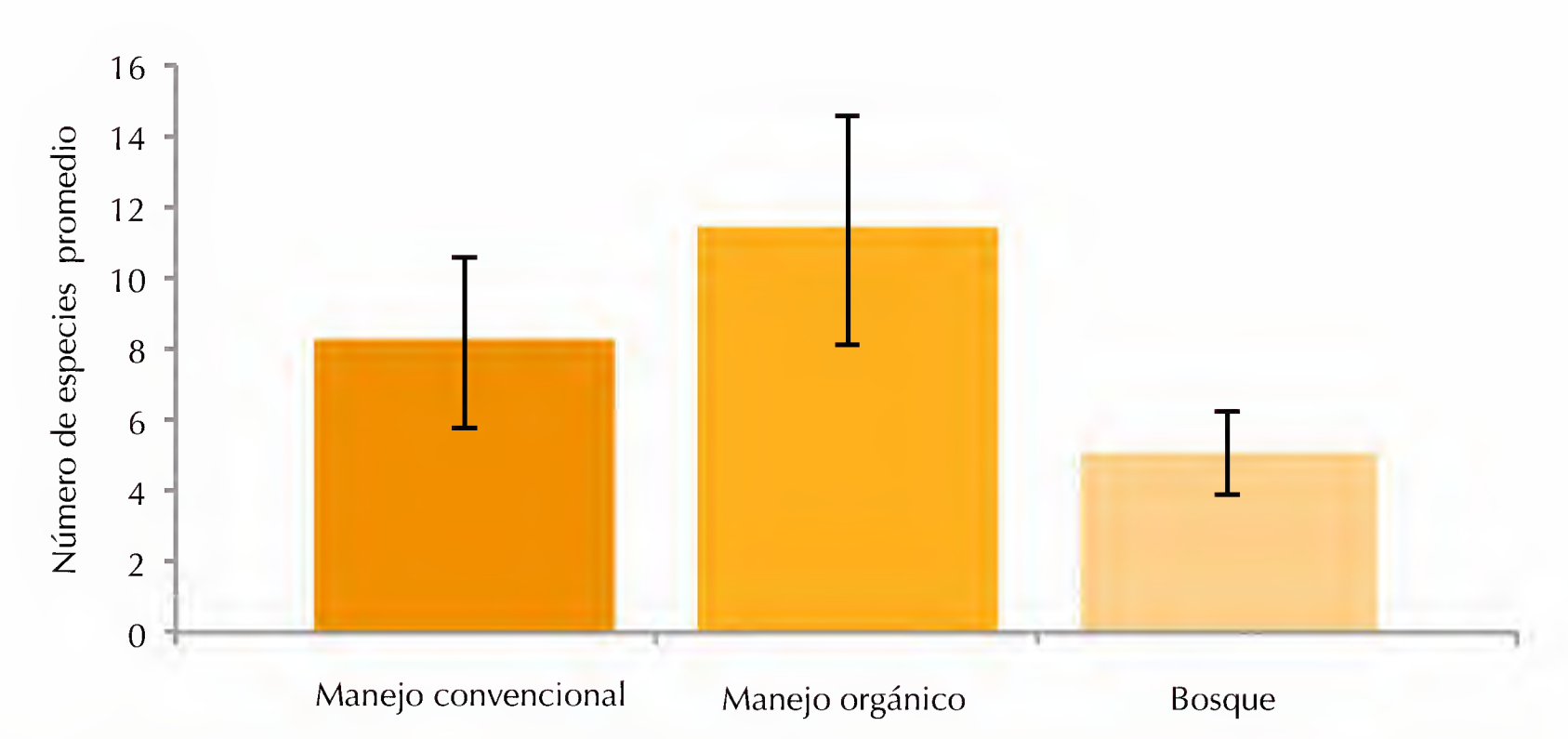


FIGURA 2. Promedios de especies de plantas en huertas de aguacate con manejo convencional u orgánico, y su comparación con la diversidad encontrada en bosques sin manejo. Desviaciones estándar por metro cuadrado en las huertas de cada tipo de manejo. Fuente: Villamil-Echeverri 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

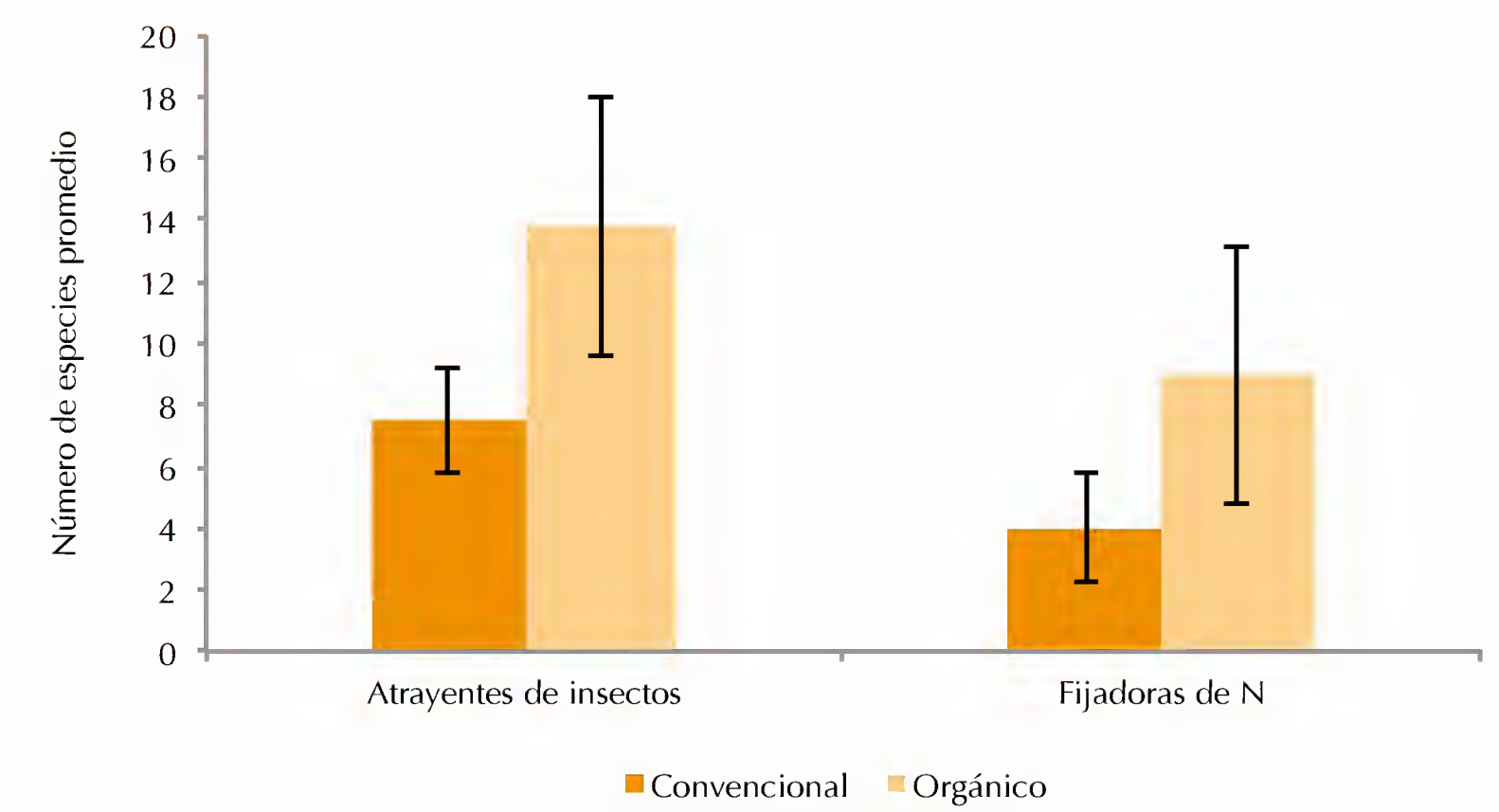


FIGURA 3. Riqueza de especies de plantas asociadas a bacterias fijadoras de nitrógeno (N) o con capacidad atrayente de polinizadores en huertas de aguacate convencionales u orgánicas. Promedios y desviaciones estándar en un área de 5 m^2 (fijadoras) o de 80 m^2 (atrayentes) en las huertas de cada tipo de manejo. Fuente: Villamil-Echeverri 2014.

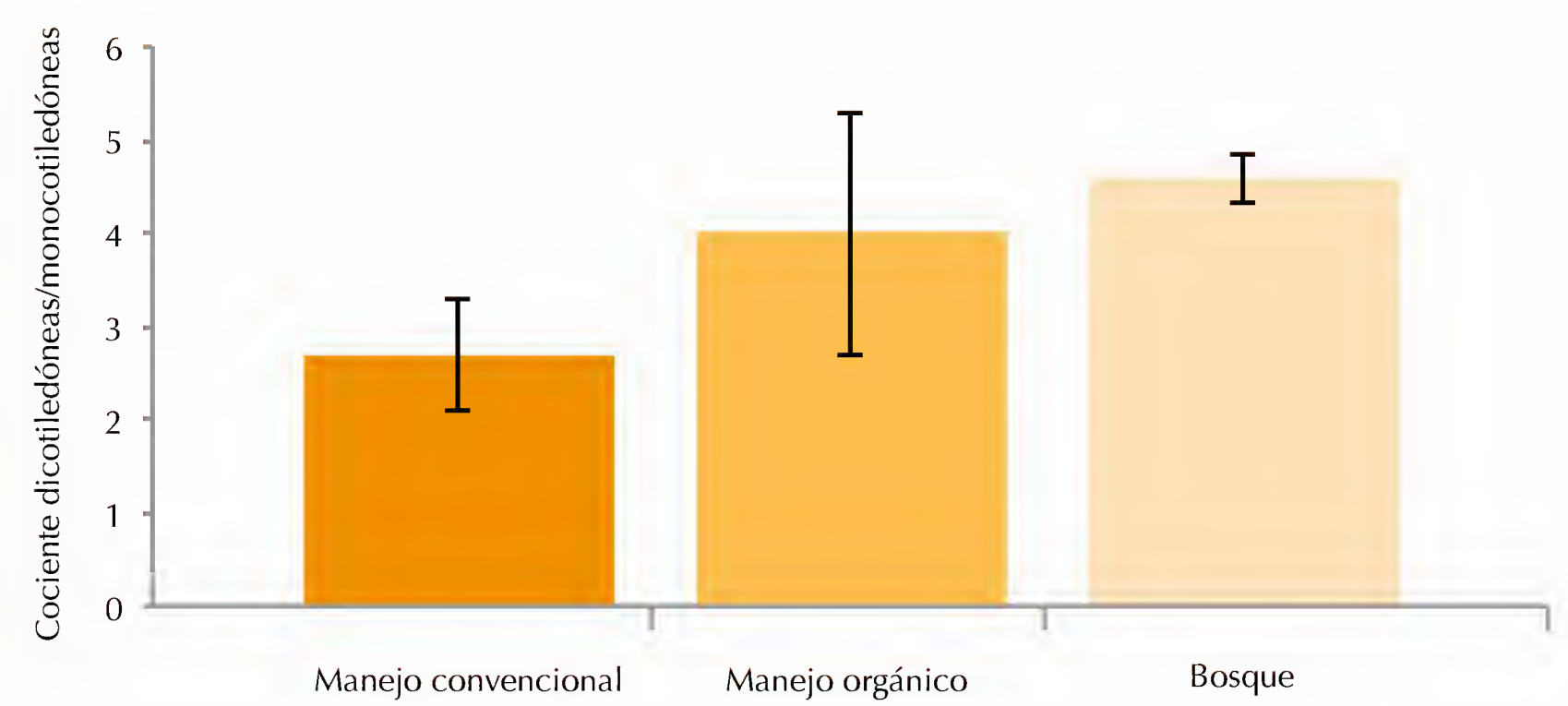


FIGURA 4. Cociente del número de especies dicotiledóneas y el número de especies monocotiledóneas en huertas de aguacate convencionales u orgánicas. Promedios y desviaciones estándar por huerta de cada tipo de manejo. Fuente: Villamil-Echeverri 2014.

y rebrote, en comparación con las dicotiledóneas (Van Groenendael *et al.* 1996).

La mayoría de las plantas con polen, néctar y flores atractivas para los visitantes florales son dicotiledóneas; mientras que en las monocotiledóneas predominan los pastos y otras hierbas rastreras cuyas flores no los atraen tanto.

Se observó que la proporción de herbáceas dicotiledóneas *vs* monocotiledóneas (la cual es de 4.6:1 en los bosques aledaños, figura 4) fue de hasta 1:1 en algunas huertas, lo que refleja que el manejo de estos espacios con herbicidas y podas periódicas, reduce la presencia de dicotiledóneas.

RIQUEZA DE ACARREADORES DE POLEN DE AGUACATE

Se encontraron en promedio seis especies por huerta visitando las flores de aguacate y 19 en las flores de las

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

hierbas (figura 5). Se encontraron en total 70 especies de visitantes florales del aguacate y 81 en las hierbas, pertenecientes a cuatro órdenes (Hymenoptera, Diptera, Coleoptera y Hemiptera), en cinco grupos funcionales diferentes entre los que sobresalen las moscas, seguido por las avispas y en menor proporción las abejas, chinches y escarabajos (figura 6; Villamil-Echeverri 2014, Villamil-Echeverri *et al.* 2014).

Las moscas, avispas y abejas que visitan las hierbas tuvieron una comunidad cualitativamente más uniforme que la de los visitantes de las flores de aguacate (figura 6). La abeja europea fue por mucho la especie más abundante en todas las huertas.

De las 70 especies visitantes, 39 acarrearon polen de aguacate; las moscas presentaron mayor riqueza de especies, pero claramente hay mayor abundancia de individuos de abejas y avispas acarreando este polen. Especies silvestres como la avispa *Polistes instabilis* y la mosca *Allograpta obliqua*, quienes se encontraron en pocas huertas y en menor cantidad, acarrearon bastante polen de aguacate y se pudo observar que tienen un tamaño más apropiado para polinizar la flor que la abeja europea (figura 7). También en visitantes y acarreadores hubo una tendencia clara, pero no estadísticamente significativa, de mayor diversidad en el manejo orgánico que en el convencional.

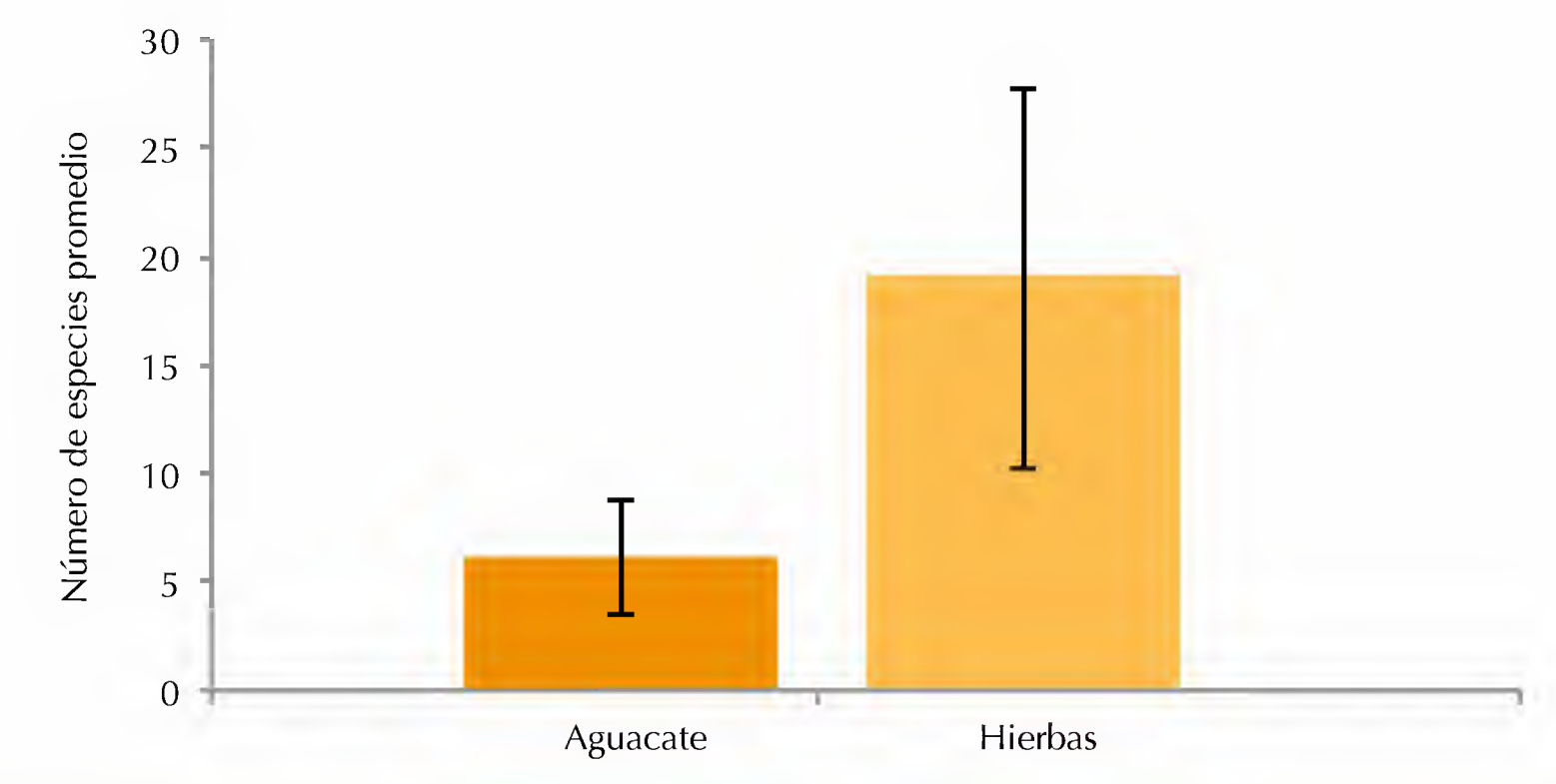


FIGURA 5. Riqueza de insectos visitantes de las flores del aguacatero y las herbáceas en huertas de aguacate. Promedios y desviaciones estándar por huerta de cada tipo de manejo. Fuente: Villamil-Echeverri 2014.

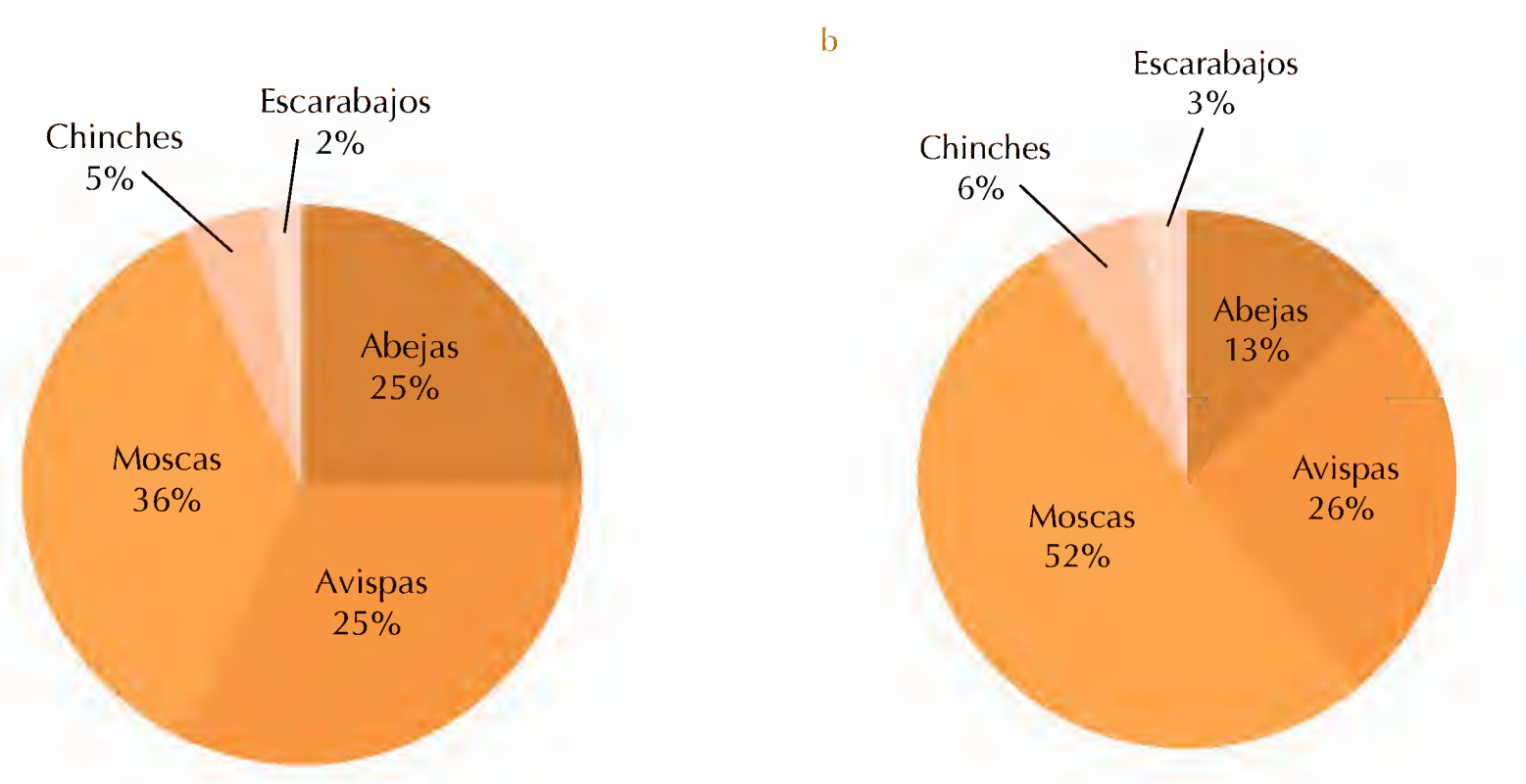


FIGURA 6. Porcentaje de especies dentro de los grupos funcionales de insectos visitantes: a) hierbas, b) flores del aguacatero, en las huertas de aguacate. Fuente: Villamil-Echeverri 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 7. a) La abeja europea introducida *Apis mellifera*, b) la avispa nativa *Polistes instabilis*, c) la mosca nativa *Allograpta obliqua* sobre flores de aguacate. Nótese el tamaño de la abeja europea con respecto al tamaño de las flores de aguacate. Fotos: Yair Merlín Uribe.

LAS INTERACCIONES PLANTA-ACARREADOR DE POLEN

Las especies de hierbas y el árbol de aguacate pueden generar diferentes tipos de interacciones con los visitantes florales (Merlín-Uribe *et al.* 2014*b*, Villamil-Echeverri 2014). Las especies herbáceas, *Sida collina* (Malvaceae), *Bidens odorata* o aceitilla *y Melampodium divaricatum* o botón de oro (Compositae) fueron las que más visitantes florales atrajeron (figura 8). La abeja europea (*Apis mellifera*) fue el visitante floral con mayor número de relaciones, visitando 25 especies de hierbas además del aguacatero. Las abejas y avispas locales visitaron también una gran diversidad de especies de hierbas, mientras que la mayoría de las moscas fueron más selectivas. Muchas especies visitaron sólo una o dos especies de hierbas. De las especies acarreadoras de polen de aguacate, durante la floración sólo la abeja europea estuvo presente en todas las huertas. Cuando no había floración de aguacate, de las 70 especies de visitantes florales sólo dos especies fueron comunes a todas las huertas: la abeja europea y un escarabajo no identificado.

Durante la floración del aguacatero, 94% del polen transportado por los visitantes florales fue el de aguacate; mientras que en ausencia de flor de aguacate, casi 50% fue de Asteraceae (compuestas). Los insectos que más tipos de polen acarrearon en la floración del aguacatero fueron la abeja *A. mellifera*, las avispas *Vespula squamosa* y *Parachatergus mexicanus*, y la mosca *Lasioglossum (Dialictus)* sp. morfotipo 2. En la floración de las hierbas, las especies fueron *Apis mellifera*, un escarabajo no identificado y la abeja *Xylocopa azteca*.

Estos resultados evidencian la escasez de polinizadores nativos, la dominancia de la abeja europea introducida y la importancia de mantener alta diversidad de oferta floral para poder mantener una alta diversidad de polinizadores durante todo el año.

Por otro lado, es incierto si el aguacate necesita estrictamente de polinización por animales, dado que los tiempos de apertura de las flores en el estado masculino y femenino se pueden sobreponer, de modo que el proceso de polinización ocurra por acción del viento.

Sin embargo, el resultado de un estudio de exclusión de polinizadores es contundente, al indicar que hubo cuatro veces más frutos logrados cuando se permitieron las visitas de los polinizadores (Villamil-Echeverri 2014). Desafortunadamente, el aguacatero produce miles de frutos y tira muchos de ellos; los que se quedan son cosechados en diferentes fechas a lo largo de meses y hasta años después de la polinización; debido a esta condición, en este estudio no fue posible llevar a cabo un seguimiento para llegar a una evaluación formal del rendimiento.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 8. Las hierbas más atrayentes de insectos: a) acetilla (*Bidens odorata*), b) botón de oro (*Melampodium divaricatum*), c) herbácea de la especie *Sida collina*. Fotos: Yair Merlín Uribe.

SINERGIAS Y ANTAGONISMOS: MANEJO Y MANTENIMIENTO DE DIVERSIDAD DE HIERBAS Y VISITANTES FLORALES EN LAS HUERTAS AGUACATERAS

Las diferencias observadas en la riqueza, y sobre todo en la composición, de las especies de hierbas y visitantes florales de las huertas aguacateras, pueden tener repercusión en la provisión de servicios ambientales. Asimismo, el manejo y las prácticas específicas en cada huerta influyen en la diversidad de ambos grupos.

Cuando no se lleva control riguroso de las hierbas en las huertas se promueve la diversidad de plantas, incluso mayor que la de los bosques, pero se considera descuido dejar que las hierbas crezcan demasiado y por ello se realizan muchos cortes al año, lo que impide que las hierbas que se propagan por semillas completen su ciclo de vida. Aunque los cortes favorecen a las plantas con propagación vegetativa o subterránea (sobre todo monocotiledóneas), minan la diversidad funcional de las hierbas, ya que se reducen las funciones de atracción de polinizadores (principalmente por parte de dicotiledóneas) y agentes de control biológico natural (Gavito *et al.* 2011).

Lo anterior fundamenta la importancia de promover la reducción de los cortes para mantener mayor cantidad de dicotiledóneas que de monocotiledóneas, tal como sucede de manera natural en los bosques aledaños. Por añadidura, existen normas que no se encuentran registradas por escrito, como la de cortar la hierba a pocos centímetros del suelo, pero que son exigidas por las autoridades de sanidad vegetal para permitir el corte de la fruta de exportación (Productores de Aguacate 2011).

Esa es una medida cuya razón de ser se desconoce, pero sí se sabe que es uno de los factores que más ha contribuido a la pérdida de especies de hierbas importantes en la provisión de servicios; los cortes implican además grandes costos por gastos de combustible y, por lo tanto, mayores emisiones de gases de efecto invernadero (Astier *et al.* 2014) y mano de obra que podría ahorrarse, además de costos por renta de colmenas, fertilizantes, productos de control de plagas y riego, mismos que podrían disminuirse con una cobertura amplia y diversa de hierbas.

La diversidad intraespecífica en las huertas de aguacate es casi nula, ya que domina la variedad Hass en el cultivo, que es la preferida para la exportación. Tampoco se encontró la combinación del cultivo con árboles de otras especies, lo cual sería deseable para reducir la propagación de plagas. En las huertas más antiguas se dejaban crecer los árboles hasta formar un dosel cerrado y oscuro, bajo el cual no crecía prácticamente nada (figura 9). Esta práctica no es recomendable porque no sólo mina la biodiversidad de la huerta, sino que además la hace más vulnerable a la erosión, ya que la hierba enraizada es el mejor protector del suelo,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 9. Huerta de aguacate con dosel cerrado y ambiente oscuro, sin cobertura de hierbas. Foto: Yair Merlín Uribe.

mientras que la hojarasca acumulada bajo los árboles brinda poca protección (García-Brulé 2015).

En huertas abiertas y luminosas (figura 10), las hierbas pueden proteger y enriquecer el suelo, atraer polinizadores y multiplicar las opciones de alimentación para los herbívoros y para las plagas del aguacate, disminuyendo su expansión sobre una sola especie vegetal y controlando naturalmente sus poblaciones. Aunque no está documentado, es posible que indirectamente también proporcionen control biológico natural de plagas al atraer enemigos de las plagas del aguacate (Merlín-Uribe *et al.* 2014*b*). Por ejemplo, se han reportado varias especies de bracónidos (avispas), uno de los grupos encontrados visitando las herbáceas de las huertas, que son parasitoides de una de las principales plagas del aguacate; el barrenador de las ramas *Copturus aguacate* (Hernández-Fuentes *et al.* 2009). Si se deja permanecer bajo su copa una buena parte de la hojarasca que tiran los árboles de aguacate, es poco factible que las hierbas compitan con el árbol, porque la sombra y la misma hojarasca frenan el avance de las hierbas hacia la zona de sus raíces.

El manejo de la cobertura vegetal, el uso de productos de control de plagas y el uso excesivo de fertilizantes químicos u orgánicos, con frecuencia no son compatibles con la conservación de la biodiversidad, pero pueden llegar a serlo promoviendo las prácticas adecuadas. Afortunadamente, muchos productores han ido cambiando el diseño de sus huertas y manejan las podas hacia huertas más despejadas, con árboles de menor porte, quizá por aprendizaje propio o por influencia de otros países. No obstante, es necesaria la promoción de las bondades de la conservación de la biodiversidad, del diseño adecuado de las huertas y de prácticas de manejo amigables con la conservación de servicios ambientales y de procesos ecosistémicos.

La introducción de la abeja europea ha cambiado la diversidad de los acarreadores de polen en las huertas aguacateras (incluso en aquellas que no mantienen o rentan colmenas), y se puede considerar ya parte de la diversidad silvestre de la región (Villamil-Echeverri 2014).

En este estudio se muestra que hay pocos polinizadores nativos visitando las huertas, y que la predominancia de *A. mellifera* pone el servicio de polinización en una situación de vulnerabilidad al estar dominado por una sola especie. Además, se debe considerar que la polinización por renta de colmenas de abeja europea supone un costo adicional para los productores; dicho servicio podría conseguirse de manera gratuita atrayendo polinizadores naturales o manteniendo colmenas en las huertas, y si se promoviera un mejor manejo de la cobertura de hierbas para sostener a comunidades diversas de polinizadores durante todo el año.

Se demostró que, durante la floración del aguacate, 94% del polen transportado por los visitantes flo-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 10. Huerta de aguacate con entrada de luz y suelo cubierto de hierbas de muchas especies. Foto: Yair Merlín Uribe.

rales fue el de aguacate, y que la polinización por animales cuadruplicó la cantidad de frutos logrados, lo cual demuestra la acción de los visitantes florales en el acarreo del polen y es un fuerte indicio de que los polinizadores aumentan la productividad del cultivo.

Lo anterior aporta elementos que sugieren que el enlace hierbas-polinizadores-rendimiento se debería reforzar en estudios posteriores. La gran diversidad y complejidad de las interacciones observadas ilustra la importancia de mantener una diversidad alta de hierbas y de visitantes florales, ya que una se beneficia de la otra y también hay claramente un beneficio para el productor.

El mantenimiento de áreas boscosas, dentro y alrededor de las huertas, también podría contribuir a mantener la diversidad de plantas y polinizadores, aún cuando en las huertas no se realicen acciones de conservación (Villamil-Echeverri 2014). Sin embargo, ante la acelerada expansión de huertas sobre bosques, es urgente promover la conservación de áreas boscosas grandes sin manejo, a la par de acciones para preservar la diversidad vegetal y animal dentro de las huertas.

Las huertas pueden llegar a albergar una gran diversidad de organismos y servicios ambientales, pero las prácticas de manejo agrícolas inevitablemente conllevan a la reducción de la provisión de servicios, haciendo imprescindibles a los bosques conservados.

En la literatura se pueden encontrar numerosos estudios que sugieren que el manejo orgánico, sobre todo cuando se trata de un manejo integral orientado hacia la sustentabilidad y no únicamente a la sustitución de insumos químicos por orgánicos, puede mantener mayor biodiversidad y mejores funciones y servicios ecosistémicos que el manejo convencional.

Un análisis más profundo de las diferencias entre las huertas mostró que, al considerar varios factores de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad, se podían formar subgrupos de manejo convencional u orgánico, o bien que algunas huertas convencionales y orgánicas podían quedar en el mismo subgrupo (Villamil-Echeverri 2014, Villamil-Echeverri *et al.* 2017). Es decir que, aunque de manera general las huertas orgánicas tuvieron mayor diversidad que las convencionales, éstas no necesariamente conservan siempre mayor diversidad; ambos tipos de manejo pueden mantener una diversidad alta con las prácticas de manejo agrícola apropiadas.

Un manejo alternativo más sustentable, convencional u orgánico, debería promover la mayor biodiversidad posible, la conservación de áreas de bosque en las zonas de huertas, el mantenimiento de huertas abiertas y luminosas que permitan la cobertura herbácea y el uso racional de los insumos y los cortes de las hierbas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento por parte de los proyectos DGAPA-UNAM núm. T1200111 y PAPIIT núm. TB100412-2, y del proyecto Evaluación del impacto ecológico del cultivo del aguacate a nivel regional y de parcela en el estado de Michoacán: validación de indicadores ambientales en los diferentes tipos de producción, por parte de la fundación Produce Michoacán (etapa 1) y la Coordinadora de Fundaciones Produce (etapa 2). Finalmente, se reconoce el apoyo técnico de Miguel Prado López, Orlando Gutiérrez Morales y Eloy Pat López, y el apoyo de la Asociación de Productores de Aguacate de Uruapan, Michoacán (AALPAUM).

REFERENCIAS

Anguiano, C.J., J.J. Alcántar, B.R. Toledo *et al.* 2006. *Caracterización edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán.* Libro Técnico núm. 4. INIFAP-CIRPAC. Prometeo Editores, Jalisco.

Astier, M., Y. Merlín-Uribe, L. Villamil-Echeverri *et al.* 2014. Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico. *Ecological Indicators* 43:281-287.

Bonilla-Balderas, V. 2015. Calidad del suelo en bosques de pino, huertas aguacateras y parcelas agrícolas de Michoacán, México. Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.

Dale, V.H. y S. Polasky. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64:286-296.

García-Brulé, J.A. 2015. *Evaluación de prácticas de manejo de la cobertura vegetal para reducir la pérdida de suelo en huertas de aguacate (Persea americana Mill.).* Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.

Gavito, M.E., M. Astier, Y. Merlín-Uribe y L. Villamil-Echeverri. 2011. Evaluación del impacto ecológico del cultivo del aguacate a nivel regional y de parcela en el estado de Michoacán: validación de indicadores ambientales en los diferentes tipos de producción (etapa 1). Reporte Técnico. CIEco-UNAM, México.

——. 2012. Evaluación del impacto ecológico del cultivo del aguacate a nivel regional y de parcela en el estado de Michoacán: validación de indicadores ambientales en los diferentes tipos de producción (etapa 2). Reporte Técnico. CIEco-UNAM, México.

Havstad, K.M., D.P.C.R. Peters, J. SkaggsBrown *et al.* 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics* 64:261-268.

Hernández-Fuentes, L.M., M. Saavedra-Aguilar, M.A. Urías-López y J.G. López-Arriaga. 2009. Registro de *Urosigalphus avocadoae* Gibson (Hymenoptera: Braconidae) como parasitoide de *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 25:659-661.

Ish-Am, G., A.F. Barrientos-Priego, A. Castañeda-Vildózola y S. Gazit. 1999. Avocado (*Persea americana* Mill.) in its regions of origin. *Revista Chapingo* serie horticultura 5 (número especial):137-143.

Kremen C., N.M. Williams y W.R. Thorp. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99:16812-16816.

Le Feon, V., A. Schermann-Legionnet, Y. Delettre *et al.* 2010. Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: a large scale study in four European countries. *Agriculture Ecosystems and Environment* 137:143-150.

Lentini, P.E., T.G. Martin, P. Gibbons *et al.* 2012. Supporting wild pollinators in a temperate agricultural landscape: maintaining mosaics of natural features and production. *Biological Conservation* 149:84-92.

Merlín-Uribe, Y., L. Villamil Echeverri, J. Martínez Cruz *et al.* 2014*a*. *Plantas asociadas al cultivo de aguacate. Rapid Color Guides #494.* Chicago Field Museum, EUA.

Merlín-Uribe, Y., L. Villamil Echeverri, J. Martínez Cruz *et al.* 2014*b*. *Biodiversidad útil: plantas e insectos benéficos asociados al cultivo de aguacate en Michoacán.* CIGA-UNAM, México.

Morales, M. y G. Cuevas 2011. *Inventarios 1974-2007 y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo de aguacate en el estado de Michoacán.* Reporte Técnico. CIGA-UNAM, México.

Pat López, E. 2015. *Niveles nutricionales, color y reflectancia espectral de las hojas de los árboles en huertas de aguacate (Persea americana) en Michoacán.* Tesis de licenciatura en manejo de recursos naturales. Universidad de Quintana Roo, México.

Productores de aguacate. 2011. Información obtenida en entrevistas aplicadas en huertas por Yair Merlín-Uribe y Laura Villamil-Echeverri. Comunicación personal.

SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. En: *<http://www.aguacate.gob.mx/index.php?portal=aguacate>,* última consulta: noviembre de 2014.

Van Groenendael, J.M., L. Klimes, J. Klimesova y R.J.J. Hendriks. 1996. Comparative ecology of clonal plants. *Philosophical Transaction of the Royal Society B* 351:1331-1339.

Villamil-Echeverri, L. 2014. *Incidencia del manejo agronómico convencional y orgánico sobre la biodiversidad en sistemas productivos de aguacate (Persea americana Mill.) en el estado de Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Villamil-Echeverri, L., E. Ramírez García, R. Ayala Barajas *et al.* 2014. *Insectos acarreadores de polen de aguacatero y herbáceas asociadas al cultivo de aguacate. Rapid Color Guides.* Chicago Field Museum, EUA.

Villamil-Echeverri, L., M. Astier, Y. Merlín *et al.* 2017. Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42:530-551.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conservación y aprovechamiento de dos especies endémicas de *Ambystoma*

DOLORES DEL CARMEN HUACUZ ELÍAS

INTRODUCCIÓN

Durante milenios los humanos han utilizado a los animales y sus productos como alimento, medicina, abrigo, ornato, mascotas, comercio y en la cultura, entre otros usos. Las especies mexicanas de *Ambystoma* no han sido la excepción. Durante el pasado siglo diversos autores (Monticelli 1914, Llamas 1935, Martín del Campo 1936, 1955; Rojas 1985, Serra 1988, Ortega 1999, por citar algunos) escribieron sobre el papel cultural y económico del género *Ambystoma* en las culturas prehispánicas.

Se conocen al menos cuatro especies utilizadas desde esa época. Los mexicas aprovechaban a *A. mexicanum,* al que llamaron ajolote o *axolotl*; los purépechas a *A. andersoni* y *A. dumerilii,* llamándolos achoques o *achójki*; y los mazahua a *A. rivulare,* al que llamaron samborojo o *xocjo* (Casas *et al.* 2004, Sánchez 2006, Huacuz 2008, Velarde 2012). Dichas especies fueron consideradas divinidades, creando en torno a ellas diversos mitos y leyendas, además de aprovecharlas como alimento o con fines terapéuticos, adjudicándoles propiedades curativas para enfermedades relacionadas con las vías respiratorias o como reconstituyentes o vivificantes, y esos usos persisten hasta el día de hoy (Huacuz 2002).

Los achoques (*Ambystoma andersoni* y *A. dumerilii*; figuras 1 y 2) son especies endémicas para Michoacán; ambas habitan en zonas que están decretadas como áreas naturales protegidas (ANP). La primera se encuentra en la laguna de Zacapu y su efluente, el río Angulo, en el municipio de Zacapu, y la segunda en el lago de Pátzcuaro en el municipio del mismo nombre (cuadro 1).

El lago de Pátzcuaro (figura 3) está decretado zona protectora forestal, y la laguna de Zacapu zona de preservación ecológica; ambos sitios han sido incluidos en la lista de la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (también conocidos como sitios Ramsar) desde el 2005. Los dos humedales están rodeados de población humana, incluso existen algunos asentamientos dentro del mismo humedal, como en las islas del lago de Pátzcuaro. Esta situación genera diferentes impactos, como la pérdida y fragmentación del hábitat, el incremento de contaminantes, la eutrofización, la alteración del ciclo hidrológico, así como cambios en la geomorfología del paisaje, lo que ocasiona que las especies de *Ambystoma* microendémicas sean particularmente vulnerables a la extinción al estar sus hábitats tan comprometidos.

FIGURA 1. Hembra adulta de *Ambystoma andersoni*. Foto: Dolores del C. Huacuz Elías.

FIGURA 2. Hembra adulta de *Ambystoma dumerilii*. Foto: Dolores del C. Huacuz Elías.

Huacuz Elías, D. del C. 2019. Conservación y aprovechamiento de dos especies endémicas de *Ambystoma*. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 279-284.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Lago de Pátzcuaro. Foto: Dolores del C. Huacuz Elías.

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y ABUNDANCIA DE LAS POBLACIONES NATURALES

El que la flora y fauna se encuentren en alguna categoría de amenaza constituye uno de los indicadores más utilizados para evaluar la condición de los ecosistemas y su biodiversidad, siendo además una importante herramienta para la determinación de acciones dirigidas a la conservación de las especies.

Con relación a su estado de conservación, ambas especies de *Ambystoma* se encuentran en alguna categoría de riesgo y protección, tanto en la normativa mexicana como en la internacional, debido a diversas amenazas (cuadro 1). *A. dumerilii* se encuentra en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), debido a que en algún momento estuvo sujeta a comercio internacional (Huacuz 2008, 2009).

Conociendo la problemática que enfrentan estas especies se presentan una serie de acciones (cuadro 2) que permiten delinear el rumbo que deben tomar los esfuerzos de recuperación, conservación y manejo sustentable de las especies, que de ser implementadas evitarían la dilución de esfuerzos en las diferentes políticas de conservación, como ocurre con los proyectos de investigación y conservación de las instituciones académicas, gobiernos y algunas organizaciones sociales.

Se han llevado a cabo diferentes estudios para conocer cómo se encuentran las poblaciones naturales de estas dos especies de *Ambystoma*; en ellos se abarcaron, entre otros aspectos, la biología y dinámica poblacional de las especies, así como el estado de conservación de los dos humedales que habitan (Huacuz 2002, 2008, 2009). Recientemente, se llevó a cabo el proyecto Conservación y manejo *ex situ* de dos especies del género *Ambystoma* endémicas para el estado de Michoacán, México; financiado por US Fish and Wildlife Service del Programa Vida Silvestre Sin Fronteras y la UMSNH. Dos de las acciones más importantes realizadas fueron, en primer lugar, conocer la abundancia relativa de las poblaciones naturales, por lo que se realizaron 10 muestreos poblacionales quincenales, durante los meses de septiembre de 2011 a enero de 2012, en el lago de Pátzcuaro y ocho muestreos mensuales durante los meses de mayo a diciembre del 2011 en cuatro sitios en la laguna de Zacapu (figura 4). En cada sitio de muestreo se colocaron redes tipo agallera

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Estado de conservación de dos especies de achoques, endémicas para Michoacán.

Especie	Distribución	Estado de conservación	
		NOM-059	UICN
A. andersoni	Laguna de Zacapu	Pr	CR
A. dumerilii	Lago de Pátzcuaro	Pr	CR

Pr: sujeta a protección especial, CR: en peligro crítico.

Fuente: elaboración propia con base en Shaffer *et al.* 2008, SEMARNAT 2010, UICN 2015.

CUADRO 2. Amenazas y acciones para la conservación y aprovechamiento de dos especies de achoques endémicas para Michoacán.

Principales amenazas	Acciones para su conservación y aprovechamiento
1. Degradación del hábitat por deforestación, cultivos, ganadería y urbanización	1.1 Elaborar proyectos específicos para la recuperación de sus hábitats
	1.2 Monitorear la calidad de los hábitats
	1.3 Fomentar la participación social en la conservación de los hábitats
2. Contaminación agrícola y doméstica del hábitat	2.1 Controlar o eliminar las fuentes de contaminación
	2.2 Promover el uso de fertilizantes y pesticidas naturales
	2.3 Utilizar sistemas de tratamiento de aguas residuales
3. Competencia trófica, depredación y parasitismo por introducción de especies alóctonas	3.1 Conocer las interacciones entre las especies de *Ambystoma* y las especies invasoras
	3.2 Evitar introducciones y reintroducciones de especies alóctonas
4. Captura como alimento, medicina tradicional y para el comercio local	4.1 Diseñar programas de monitoreo de poblaciones para establecer las cuotas de aprovechamiento
	4.2 Frenar la captura y explotación de poblaciones silvestres sin manejo o regulación
	4.3 Evaluar periódicamente las actividades de extracción de ejemplares silvestres
	4.4 Promover, registrar y certificar la producción de las especies en cautiverio
	4.5 Controlar el mantenimiento de la variabilidad genética de las especies con manejo *ex situ*
5. Declive de las poblaciones	5.1 Monitorear las poblaciones al menos cada dos años
	5.2 Promover estudios para la caracterización del nicho ecológico de las especies
	5.3 Determinar los niveles de tolerancia a factores bióticos y abióticos
	5.4 Actualizar el conocimiento sobre el grado de variabilidad genética de las poblaciones naturales
	5.5 Evaluar la viabilidad de la reintroducción con ejemplares libres de enfermedades y patógenos

Fuente: elaboración propia.

durante la tarde y se revisaron al día siguiente durante recorridos de campo. Es importante destacar que se contó con la participación de pescadores durante todo el proyecto, quienes apoyaron con la colocación y retiro de las redes (cuadro 3).

Para calcular la abundancia relativa de las especies en cada humedal se utilizó el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), según la expresión CPUE = W/UE, donde (W) es igual al número de individuos capturados entre UE, unidad de esfuerzo, que es igual a la longitud total acumulada en metros cuadrados de las redes utilizadas por sitio de muestreo y por día; los resultados se muestran en el cuadro 4.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Sitios de muestreo y relación de pescadores que apoyaron el proyecto.

Número de sitio	Sitio	Coordenadas	Nombre del pescador
Lago de Pátzcuaro			
1	Ucazanastacua	N 19° 37′ 05.5″ O 101° 37′ 53.5″	Cipriano Campos Cira
2	Tarerio	N 19° 33′ 01.8″ O 101° 36′ 23.9″	Alfredo Santiago
3	Ichupio	N 19° 38′ 49.6″ O 101° 35′ 58.7″	María Salud Lucas Nicolás
4	Tzintzuntzan	N 19° 38′ 33.4″ O 101° 35′ 01.7″	Margarito Ponciano Pérez
5	Oponguio	N 19° 38′ 33.1″ O 101° 38′ 50.3″	Juan León Guadalupe
6	Pacanda	N 19° 36′ 20.9″ O 101° 39′ 15.2″	Antonio Orobio Guzmán
7	Yunuén	N 19° 35′ 48.1″ O 101° 38′ 48.9″	Andrés Menocal Antonio
8	Tecuena	N 19° 35′ 34.3″ O 101° 38′ 46.8″	Bonifacio de la Cruz Aparicio
9	Janitzio	N 19° 34′ 43.0″ O 101° 39′ 00.1″	Librado Flores
10	Urandén	N 19° 33′ 30.7″ O 101° 38′ 16.8″	Elpidio Quirino Bacilio
Laguna de Zacapu			
1	Los Cipreses	N 19° 49′ 24.0″ O 101° 47′ 12.0″	Todos los sitios: José Manuel Carrillo López, José Joel Pimentel Murillo, Antonio Alcántar García
2	La Angostura	N 19° 49′ 28.8″ O 101° 47′ 00.7″	
3	Ojo de Agua	N 19° 49′ 22.8″ O 101° 47′ 14.4″	
4	Río Angulo	N 19° 49′ 32.5″ O 101° 47′ 24.8″	

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 4. Abundancia relativa por sitio de muestreo para *Ambystoma dumerilii* y *A. andersoni*.

Sitio	Esfuerzo de captura m^2 de red (UE)	Individuos colectados (W)	Abundancia relativa (individuos/m^2)
Lago de Pátzcuaro			
1	1 640	0	0.0
2	1 120	1	0.0009
3	2 520	4	0.0016
4	780	0	0.0
5	320	0	0.0
6	4 410	2	0.0005
7	1 000	0	0.0
8	900	0	0.0
9	800	0	0.0
10	695	0	0.0
Total	**14 185**	**7**	**0.0005**
Laguna de Zacapu			
1	360	30	0.08
2	270	22	0.08
3	450	27	0.06
4	360	38	0.11
Total	**1 440**	**117**	**0.08**

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Laguna de Zacapu. Foto: Pedro García Garrido.

La abundancia relativa encontrada en la laguna de Zacapu, para *A. andersoni,* fue de 0.08 individuos/m^2 para el total de meses de captura. Huacuz (2008) reporta una abundancia relativa para esta especie de 0.09 individuos/m^2, que es superior a lo encontrado en este proyecto, por lo que se podría señalar un declive del 11% en la abundancia relativa de la población de esta especie del 2008 al 2011. Para *A. dumerilii,* en el lago de Pátzcuaro el esfuerzo total de muestreo fue de 14 185 m^2 de red por todo el muestreo, con una abundancia relativa de 0.0005 individuos/m^2 (cuadro 4).

A pesar del esfuerzo de captura, sólo se colectaron ejemplares en tres sitios de muestreo. Huacuz (2002) señala una abundancia relativa de 0.002 individuos/m^2 para esta especie; 11 años después se encontró una abundancia de 0.0005 individuos/m^2, lo que significa una reducción de 75% de la población. La abundancia relativa de estas especies es baja, comparada con la estimada por otros autores para diferentes especies de *Ambystoma* (García 2003, Zambrano *et al.* 2007, Contreras *et al.* 2009, Montes *et al.* 2011).

APROVECHAMIENTO Y MANEJO *EX SITU*

Debido al estado de conservación de estas especies y sus hábitats se considera que, al igual que para otros anfibios (Gascón *et al.* 2007, Pavajeau *et al.* 2008), la estrategia de conservación y manejo debe ser *ex situ*, es decir, fuera de sus hábitats naturales. Este tipo de conservación es una estrategia viable para ambos *Ambystoma*, que como otras especies endémicas se enfrentan a la amenaza latente de extinción causada por la degradación de sus hábitats (Aguilar-Miguel *et al.* 2009). La otra acción importante de este proyecto fue la elaboración del libro *Manual para el manejo ex situ de Achoques* (Huacuz 2012), que tiene como objetivo dar a conocer los principios de la producción controlada de *A. dumerilii* y *A. andersoni*. En él se abarca todo el proceso de crianza en condiciones *ex situ*, con la finalidad de que los productores de las especies desarrollen y logren cultivar ejemplares para su consumo y, de ser posible, para la repoblación de sus hábitats naturales.

Al ser especies protegidas por la normatividad, su crianza debe realizarse de acuerdo con los lineamientos enmarcados en la Ley General de Vida Silvestre y su reglamento, donde se establece que se debe realizar a través de las modalidades de unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) o a través de predios o instalaciones que manejan vida silvestre de forma confinada (PIMVS). En Michoacán ambas modalidades de manejo en condiciones *ex situ* se desarrollan en tiempos recientes con ejemplares de *A. dumerilii*, encontrándose el registro ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT),

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de una UMA y dos PIMVS. A la fecha no existe registro de ninguna de las dos modalidades de manejo para *A. andersoni*; sin embargo, se conoce de su venta en el mercado local de la ciudad de Zacapu, Michoacán.

En 2014 se publicó la Lista de Especies y Poblaciones Prioritarias para la Conservación (SEMARNAT 2014), en ella se encuentra *A. dumerilii*, lo que le permite tener una posible fuente de financiamiento, ya que para dar cumplimiento con este acuerdo la SEMARNAT dará prioridad a la promoción del desarrollo de proyectos para la conservación y recuperación de ésta y otras especies contenidas en dicha lista.

CONCLUSIONES

Debido a los resultados de abundancia poblacional y al deterioro de los hábitats de las dos especies de *Ambystoma* estudiadas, se considera que el cultivo *ex situ* es una estrategia viable para propiciar la supervivencia de sus poblaciones naturales. Para su conservación y aprovechamiento es indispensable establecer mecanismos que involucren a los habitantes locales, para controlar y certificar la producción de los cultivos *ex situ* y permitir el mantenimiento de su variabilidad genética.

REFERENCIAS

Aguilar-Miguel, X., G. Legorreta y G. Casas-Andreu. 2009. *Ex situ* reproduction in *Ambystoma granulosum* and *Ambystoma lermaense* (Amphibia: Ambystomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 25(3):443-454.

Casas, A.G., A.R. Cruz y M.X. Aguilar. 2004. Un regalo poco conocido de México al mundo: el ajolote o *axolot* (*Ambystoma*: Caudata: Amphibia), con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. *Ciencia Ergo Sum* 10(003):304-308.

Contreras, V., E. Martínez-Meyer, E. Valiente y L. Zambrano. 2009. Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Biological Conservation* 142:2881-2885.

García, G.P. 2003. *Características de hábitat y atributos demográficos de Ambystoma ordinarium Taylor 1940 (Amphibia: Caudata) en Agua Zarca, municipio de Morelia.* Tesis de maestría. UMSNH, Morelia.

Gascón, C., J.P. Collins, R.D. Moore *et al.* 2007. *Amphibian Conservation Action Plan. Proceedings: IUCN/SSC Amphibian Conservation Summit 2005.* UICN, Suiza.

Huacuz, E.D. 2002. *Programa de conservación y manejo de Ambystoma dumerilii, el achoque del lago de Pátzcuaro.* Morevallado Editores, México.

——. 2008. *Biología y conservación del género Ambystoma en Michoacán, México.* Tesis doctoral. Universidad de Salamanca, España.

——. 2009. Evaluación del estatus del ajolote del lago de Pátzcuaro (*Ambystoma dumerilii*) en los Apéndices de la CITES. En: *Examen periódico de especies animales incluidas en los Apéndices de la CITES.* Autoridad Científica CITES. Vigésimo cuarta reunión del Comité de Fauna, Suiza.

——. 2012. *Manual para el cultivo ex situ de achoques.* Morevallado editores, México.

Llamas, R. 1935. La alimentación de los antiguos mexicanos. *Anales del Instituto de Biología* 6:245-258.

Martín del Campo, R. 1936. Los batracios y reptiles según los códices y relatos de los antiguos mexicanos. *Anales del Instituto de Biología* 7:489-512.

——. 1955. Productos biológicos del valle de México. *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* 14(1):53-77.

Montes, C.M.A., J.D. Alvarado y O.I. Suazo. 2011. Abundancia, actividad espacial y crecimiento de *Ambystoma ordinarium* Taylor 1940 (Caudata: Ambystomatidae) en Michoacán, México. *Biológicas* 13(1):50-53.

Monticelli, F.S. 1914. Notiziz intorno agli azolot del Istitute Zoologe della R. Universita di Napoli. *Real Academia Sciencia Fisica y Matematica Napoli* 19:173-184.

Ortega, C.A. 1999. El ajolote. *Elementos* 6(36):55-57.

Pavajeau, L.K., C. Zippel, R. Gibson y K. Johnson. 2008. Amphibian Ark and the 2008 year of the frog Campaign. *International Zoo Yearbook* 42:24-29.

Rojas, R.T. 1985. La cosecha del agua en la cuenca de México. Estudios Superiores en Antropología Social, Museo Nacional de Culturas Populares. México. *Cuadernos de la Casa Chata* 116-112.

Sánchez, N.E. 2006. Conocimiento tradicional mazahua de la herpetofauna: un estudio etnozoológico en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Estudios Sociales* 14(28):45-66.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014. Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Publicado el 5 de marzo de 2014 en el DOF. Texto vigente.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Serra, P.M. 1988. *Los recursos lacustres de la cuenca de México durante el formativo.* Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, México.

Shaffer, H.B., O. Flores-Villela, G. Parra-Olea y D. Wake. 2008. *Ambystoma dumerilii.* The IUCN Red List of Threatened Species 2008. En: *<https://www.iucnredlist.org/species/59055/11876338>*, última consulta 20 de noviembre de 2018.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. *Ambystoma andersoni.* The IUCN Red List of Threatened Species 2015. En: *<https://www.iucnredlist.org/species/59051/53973442>*, última consulta: 20 de noviembre de 2018.

Velarde, M.T. 2012. Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología* 10(2):40-49.

Zambrano, L., E. Vega, L.G. Herrera *et al.* 2007. A population matrix model and population viability analysis to predict the fate of endangered species in highly managed water systems. *Animal Conservation* 10:297-303.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Uso y manejo de recursos naturales en la región nahua

PABLO EULOGIO ALARCÓN CHÁIRES Y GERARDO RODRÍGUEZ LOZANO

La región nahua de Michoacán se ubica en la zona costera e incluye los municipios de Aquila, Coahuayana y Lázaro Cárdenas. Este pueblo originario cuenta con cinco comunidades indígenas en la región: Pómaro, Ostula, El Coire, Huizontla y Aquila. Su diversidad ecogeográfica presenta un mosaico de ambientes naturales ubicados desde el nivel del mar hasta los 2 500 msnm, en donde los habitantes satisfacen gran parte de sus necesidades materiales y espirituales. La apropiación de la naturaleza implica un complejo tejido social en un contexto ecológico en el que la combinación de las actividades pesqueras, agrícolas, pecuarias, de caza y recolección, a lo largo del año, sustentan la vida de este pueblo originario (Alarcón-Cháires 2005).

El tipo de tenencia comunal y la institución comunitaria son fundamentales para asegurar el éxito en la apropiación tradicional de la naturaleza. Esta institución está representada por la normatividad interna inscrita actualmente en sus estatutos comunales, con fecha 10 de agosto del 2013.

La disponibilidad, continua de terreno para la agricultura de temporal en diferentes ambientes, permite periodos largos de descanso que facilitan recuperar e incorporar nutrientes al suelo, eliminar malezas y disminuir los procesos erosivos. Ello porque se evita la intensificación de uso del suelo por largos periodos de tiempo, ya que los predios se van rotando cada 3-4 años de uso, para después dejarlos descansar por más de 15 años, debido a que son suelos poco desarrollados.

La producción rural tradicional integra diferentes sistemas productivos en torno a la producción maicera, dado que trastoca social, cultural y tecnológicamente a los nahuas y su entorno natural. Además, es clave para entender no sólo las costumbres alimentarias, sino la cosmovisión indígena expresada en diferentes mitos, ritos y creencias.

La ganadería está encaminada al autoconsumo, como medio de tracción y transporte. Su carácter extensivo permite el libre forrajeo de los animales en los montes y barrancas cercanas, así como en las calles del ambiente urbano, actividad que es regulada por la propia comunidad para garantizar la protección de los cultivos, espacios y materiales familiares.

Existen algunas especies forrajeras que son aprovechadas, como el mochotl o uje (*Brosimum alicastrum*) o la parota (*Cordia elaeagnoides*). La alimentación del ganado se complementa con calabaza (*Cucurbita* spp.), maíz (*Zea mays*) y bellota de encino (*Quercus* spp.; Alarcón-Cháires y Rodríguez-Lozano 2005).

El aprovechamiento forestal y la recolección de plantas son actividades relacionadas con la actividad agrícola y pecuaria en primera instancia, y luego están encaminados al aprovisionamiento de insumos energéticos, medicinales y de construcción.

La institución comunitaria también interviene en el aprovechamiento de los recursos forestales. A través de sus propias reglas surgidas de los usos y costumbres, las comunidades indígenas nahuas regulan las pautas de aprovechamiento de los recursos forestales y, en general, de todos los recursos existentes en su territorio; existen casos como el de la comunidad indígena de El Coire, que cuenta con sus propios estatutos comunales, sirviéndoles de directrices sobre el cómo, cuándo y dónde acceder a sus recursos naturales.

Las áreas de vegetación secundaria o barbechos son frecuentadas para la extracción de plantas utilizadas para la construcción y reparación de viviendas, así como de cercos en los predios. La recolección de hongos y especies aromáticas de estos ecosistemas diversifica la alimentación y medicina nahua (Alarcón-Cháires y Rodríguez-Lozano 2005).

La elaboración de artesanías resulta de gran valor cultural y con poco impacto ambiental, dado que no es una producción a gran escala ni preferentemente hacia el comercio, más bien como una actividad familiar de autoconsumo. Para esto se utilizan plantas como el algodón blanco ixcal (*Gossypium hirsutum*), el ixcalcuyul o collotillo (*Gossypium mexicanum*), los cuales son hilados y teñidos con algún colorante natural como el caracol púrpura (*Plicopurpura pansa*) y el palo de Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), para posteriormente ser tejido en telar de cintura y elaborar faldas, blusas, camisas y rebozos, que se usan principalmente en danzas durante las fiestas tradicionales (Hernández 1997).

La cacería y captura de animales provee principalmente de alimento, y en menor medida otorga ingresos económicos a la familia nahua. Entre las especies animales más consumidas están la iguana negra o cuxpa (*Ctenosaura pectinata*), la iguana verde o pantze (*Iguana iguana*), los huevos de tres especies de tortuga o ayotl: la

Alarcón-Cháires, P. y G. Rodríguez-Lozano. 2019. Uso y manejo de recursos naturales en la región nahua. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 285-286.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

chihuinini o golfina (*Lepidochelys olivacea*), la ayotl prieta o negra (*Chelonia mydas)* y la laud o de altura (*Dermochelys coriacea*). Dentro de las especies preferentemente cazadas están el venado cola blanca o mazal (*Odocoileus virginianus*), el jabalí o cuche cimarrón (*Pecari tajacu*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), la chachalaca o coacena (*Ortalis poliocephala*) y las palomas o huilotas (*Zenaida* spp., *Columbina* spp. y *Leptotila verreauxi*; Alarcón-Cháires 2005).

Desde tiempos prehispánicos la pesca ha sido de gran importancia para la supervivencia de los pueblos nahuas de la costa de Michoacán. La captura de langostinos, cangrejos y otros crustáceos, peces y reptiles (tortugas) permite el suministro de proteína animal a la familia nahua. Si bien la actividad pesquera comercial y las artes que ésta implica son de reciente uso en la región, la pesca tradicional y artesanal se ha practicado desde la época prehispánica con fines de autoconsumo en los diferentes ambientes acuáticos y húmedos del litoral michoacano.

La conversión a polos turísticos de varias playas de la costa y la intrusión invasiva de todos los bienes y servicios que esta actividad implica, están delineando un nuevo perfil de la apropiación de la naturaleza. Como en otras regiones, en la nahua se escenifica la lucha entre lo tradicional y lo moderno, el progreso y el desarrollo, la comunidad indígena y los partidos políticos, la cultura propia o la adopción de modas televisivas.

La zona nahua en los últimos años ha estado permeada por diferentes intereses económicos, como son la industria minera y el saqueo de maderas preciosas, además de la presencia del crimen organizado y su participación en estas dos actividades, lo que ha significado una reconfiguración de la región cuya inserción en la dinámica nacional amenaza con trastocar las pautas de comportamiento local en el aprovechamiento de los recursos naturales.

Si bien comunidades indígenas como El Coire poseen marcos normativos de control interno relacionados con la gestión de sus recursos naturales, la fuerte presión enfocada a la extracción de sus recursos naturales coloca a estas comunidades en una situación vulnerable. La construcción de la autopista que cruzará esta región sin duda implicará cambios drásticos socio-ambientales entre los nahuas, pero finalmente serán estos pueblos originarios quienes decidan qué camino deberán seguir.

REFERENCIAS

Alarcón-Cháires, P. 2005. *Flora, fauna y apropiación de la naturaleza en la región nahua de Michoacán*. CIECO-UNAM/COINBIO, México.

Alarcón-Cháires, P. y G. Rodríguez Lozano. 2005. La apropiación de los recursos naturales. En: *Flora, fauna y apropiación de la naturaleza en la región nahua de Michoacán*. P. Alarcón Cháires (ed.). CIECO-UNAM/COINBIO, México, pp. 25-37.

Hernández, F. 1997. *Artesanías de la zona náhuatl de la costa de Michoacán*. Dirección General de Culturas Populares, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Manejo y genética del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)

PASCUALA AMBRIZ MORALES, ANTONIO LÓPEZ CERVANTES Y OMAR CHASSIN NORIA

INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca tiene 38 subespecies distribuidas desde el sur de Canadá hasta Venezuela, Colombia, Perú y Brasil (Smith 1991); de ellas, México posee 14, distribuidas en una gran variedad de ecosistemas (Galindo y Weber 1998). En Michoacán se distribuyen naturalmente en distintas regiones tres subespecies, *O. v. acapulcensis, O. v. mexicanus,* y *O. v. sinaloae* (Smith 1991). Ninguna de las subespecies de México se encuentran en categoría de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT 2010); sin embargo, la pérdida de hábitat y la cacería furtiva para el consumo de carne y producción de trofeos han afectado drásticamente algunas de sus poblaciones (Galindo y Weber 2005).

Por lo anterior, se han establecido unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) para garantizar la conservación y el aprovechamiento de esta especie. Sin embargo, las UMA pueden representar en sí mismas una amenaza, ya que en ocasiones hay una preferencia por las subespecies más grandes, debido a que representan mejores trofeos de caza (Logan *et al.* 2007) y lo anterior ha generado la introducción de subespecies de mayor talla, especialmente *O. v. texanus*, introducidas a las áreas de distribución de subespecies de menor talla generando hibridación (Galindo y Weber 2005, Logan *et al.* 2007).

Este movimiento de organismos representa un riesgo para la conservación de los linajes (Frankham *et al.* 2002). La reproducción entre subespecies diferentes puede generar depresión por exogamia (Shields 1993, Sagvik *et al.* 2005), interrumpiendo el proceso evolutivo de cada subespecie y poniendo en riesgo su viabilidad a largo plazo.

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) ha recibido especial interés dado que su aprovechamiento ofrece una alternativa económica. Como ejemplo basta mencionar que la actividad cinegética sobre esta especie generó en Nuevo León, en la temporada de 2008-2009, una derrama económica de 185 millones de pesos mexicanos (Villarreal 2012).

Para que las actividades de aprovechamiento sean viables, en términos ambientales y económicos, es necesario tener identificadas las características genéticas de poblaciones y subespecies para poder determinar con certidumbre el origen de ejemplares y productos derivados, cuando se encuentren en el mercado o sean transportados. Con ello se puede evitar el comercio de poblaciones no sujetas a planes de aprovechamiento ambientalmente responsables y eliminar el riesgo de hibridación.

ACCIONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

En dos estudios realizados con marcadores moleculares mitocondriales (proyecto FOMIX CONACYT, 41168), que representan los procesos evolutivos de los linajes maternos (Ambriz 2009), y nucleares, que reflejan los procesos evolutivos de hembras y machos (López 2010), se identificaron los valores de diferenciación genética entre subespecies y poblaciones del estado, para sugerir acciones de manejo.

En los marcadores mitocondriales se detectó un nivel de diferenciación genética moderada entre las subespecies y la diferenciación fue mayor cuando se agrupó a las poblaciones de acuerdo con las cinco provincias fisiográficas sugeridas por Madrigal (1997): Sistema Volcánico Transversal, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Sierra Madre del Sur, Altiplanicie y Llanura Costera.

En el análisis de los marcadores nucleares, la diferenciación genética fue menor que en los marcadores mitocondriales, pero también se observó que entre subespecies la diferenciación genética fue menor que la detectada entre las poblaciones de provincias fisiográficas distintas. Ambos resultados son consistentes con la biología de la especie, en la que reporta que las hembras son filopátricas (se reproducen cerca del área en que nacieron) y tienen rangos hogareños más pequeños que los machos (Sánchez *et al.* 1997).

Evitar el apareamiento entre organismos emparentados es una práctica recomendable que fomenta el intercambio de organismos de poblaciones sujetas a manejo. Sin embargo, la evidencia encontrada con los marcadores moleculares permite sugerir, específicamente para el venado cola blanca del estado, que no es recomendable realizar movimientos con fines de apareamiento, entre ejemplares extraídos de distintas

Ambriz M., P., A. López Cervantes y O. Chassin-Noria. 2019. Manejo y genética del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 287-288.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

provincias fisiográficas ni entre las áreas reconocidas originalmente para cada subespecie (Smith 1991). Si se sigue está recomendación se evita la ruptura de los procesos evolutivos de las subespecies, garantizando su viabilidad en términos genéticos, a largo plazo.

Para que esta recomendación tenga sentido en el ámbito económico (cacería y consumo) es necesario generar en los consumidores el valor de subespecies y poblaciones de las provincias fisiográficas para la actividad cinegética, evidenciando la peculiaridad de las subespecies presentes en el estado, es particular *O. v. acapulcensis* de la costa michoacana (equivalente a la provincia Llanura Costera) que incluye organismos de menor talla con respecto a *O. v. sinaloe* y *O. v. mexicanus,* pero que representa un reto en cuanto a su caza dada la complejidad de la orografía y vegetación de sus áreas de distribución.

Hasta hace unos años parecía imposible que los biólogos consideraran la cacería correcta; sin embargo, las evidencias demuestran que la actividad cinegética legal es una práctica que puede ser ambiental y económicamente responsable (Rosas-Rosas y Valdez 2010). No así la cacería furtiva que es causada directamente por las condiciones de alta marginación económica, situación que hace irresponsable criticarla, a pesar de la escasa selectividad y planeación (se caza durante todo el año sin distinción de la edad o sexo de los ejemplares).

Finalmente, es necesario mantener el monitoreo de la diferenciación genética en poblaciones manejadas y silvestres para poder implementar planes de manejo evitando consanguinidad, fomentando el apareamiento entre organismos no emparentados, pero sin mezclar organismos de provincias fisiográficas distintas.

REFERENCIAS

Ambriz M., P. 2009. *Evolución de polimorfismo mitocondrial en subespecies de venado cola blanca (Odocoileus virginianus) del estado de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Frankham, R., J. Ballou y D. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics.* Cambridge University Press, Reino Unido.

Galindo, C. y M. Weber. 1998. *El venado de la Sierra Madre Occidental.* EDICUSA/CONABIO, México.

——. 2005. *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780) venado cola blanca. En: *Los mamíferos silvestres de México.* G. Ceballos y G. Oliva (eds.). FCE/CONABIO, México, pp. 517-521.

Logan, K., E. Cienfuegos, A. Sifuentes *et al.* 2007. Patrones de variación genética en cuatro subespecies de venado cola blanca del noreste de México. *Agrociencia* 41:13-21.

López, C.A. 2010. *Diversidad y diferenciación genética en tres subespecies de venado cola blanca (Odocoileus virginianus) del estado de Michoacán, México, analizada con microsatélites nucleares.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Madrigal, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 15:65-75.

Rosas-Rosas, O.C. y R. Valdez. 2010. The role of landowners in jaguar conservation in Sonora, Mexico. *Conservation Biology* 24:366-371.

Sagvik, J., T. Uller y M. Olsson. 2005. Outbreeding depression in the common frog, *Rana temporaria. Conservation Genetics* 6:201-211.

Sánchez, G., S. Gallina y S. Mandujano. 1997. Área de actividad y uso de hábitat de dos subespecies de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical de la costa de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 72:39-54.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Shields, W. 1993. The natural and unnatural history of inbreeding and outbreeding. En: *The Natural History of Inbreeding and Outbreeding.* W.N. Thornhill (ed.). The University of Chicago Press, EUA, pp. 143-169.

Smith, W. 1991. *Odocoileus virginianus. American Society of Mammalogist* 338:1-13.

Villarreal, J.G. 2012. *Introducción al manejo y aprovechamiento sustentable de la fauna silvestre en ranchos ganaderos diversificados.* SAGARPA, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

9

FACTORES DE PRESIÓN

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo
Factores de presión

KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO

En México se desarrollan actividades productivas que afectan de manera grave la biodiversidad alojada en el territorio. En esta sección se exponen los factores que amenazan la diversidad biológica de Michoacán. Se identifican las causas y los impactos del deterioro ambiental y su relación con la pérdida de la biodiversidad en la entidad hasta 2019, sobre todo las actividades agrícolas y pecuarias no sostenibles, el crecimiento urbano sin planeación, los incendios forestales, la minería, la introducción de especies invasoras, la contaminación de los cuerpos de agua y el cambio climático. Además, se analiza cómo inciden sobre este problema los vacíos y omisiones en las políticas públicas ambientales y la ausencia de un modelo de desarrollo sostenible que contemple la educación ambiental.

No realizar un aprovechamiento forestal sustentable tiene repercusiones en la estructura, composición y diversidad de los bosques, lo que representa un problema en términos ecológicos y socioeconómicos, a mediano y largo plazos. Además del aprovechamiento de madera, un manejo forestal adecuado considera el mantenimiento de los servicios que proveen los bosques, así como la conservación de la biodiversidad que habita en ellos. En Michoacán, dentro de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca existen áreas con manejo forestal autorizado, medida que ha demostrado su eficacia para mantener la cubierta forestal; no obstante, una mejora considerable consiste en ajustar los lineamientos técnicos para la extracción de pinos, encinos y oyameles, con el fin de fomentar la continuidad de generaciones forestales y mantener el hábitat para diversas especies, entre ellas la mariposa monarca.

Las especies exóticas (aquellas desplazadas de forma activa o pasiva fuera de su área de distribución) son una amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad, particularmente aquellas consideradas con potencial invasor (es decir, con capacidad de colonizar, persistir y dispersarse en nuevos ambientes). Ese tema se aborda de manera amplia en esta sección, aunque es evidente la falta de estudios que documenten la distribución de especies en la entidad. La introducción de especies exóticas puede resultar en pérdida de diversidad nativa, destrucción de hábitat y alteraciones en el funcionamiento de los ecosistemas, lo que se refleja en daños ambientales, económicos y a la salud; en la entidad se reportan 366 especies exóticas y algunas de ellas han alcanzado el estatus de invasoras.

Los dos grupos que han ocasionado más problemas ambientales en Michoacán son las plantas acuáticas y los peces de agua dulce. Las primeras, como exóticas invasoras con sus abundantes poblaciones han generado un sinfín de problemas en los cuerpos de agua naturales y artificiales, tal es el caso del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), los carrizos (*Phragmites australis*, *Arundo donax*), el pasto cola de zorra (*Polypogon monspeliensis*) y el junco (*Typha latifolia*), que han desplazado a especies nativas como el tule (*Schoenoplectus americanus*) y el junco (*Typha dominguensis*).

Nájera-Cordero, K. 2019. Resumen ejecutivo. Factores de presión. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 291-292.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Con relación a los peces de agua dulce, se reportan 26 especies introducidas, cinco de ellas con potencial invasor: pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*), perca (*Lepomis cyanellus*), lobina negra (*Micropterus salmoides*), carpa (*Cyprinus carpio*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Las regiones que presentan más peces introducidos son el Alto, Bajo y Medio Lerma (lagos de Pátzcuaro, de Zirahuén, de Camécuaro y de Cuitzeo, y la laguna de Zacapu), y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec; en esta última provincia hace falta más investigación. La presencia de algunas de estas especies ha traído como consecuencia la exclusión de plantas y peces nativos, además de problemas sociales por el deterioro de las artes de pesca en comunidades ribereñas (como en el embalse El Infiernillo). Es de suma importancia realizar estudios que permitan controlar la introducción de especies exóticas y mitigar los daños causados en ecosistemas diferentes, además de diseñar estrategias para su adecuado manejo y aprovechamiento.

El cambio climático es un fenómeno que también ocasiona presión sobre la biodiversidad, entre sus repercusiones se encuentra la irregularidad en los eventos meteorológicos y la disminución en la precipitación, así como cambios en los patrones estacionales de los cultivos y la prevalencia de plagas y enfermedades que merman a las poblaciones nativas. En Michoacán, el aumento de la temperatura está afectando la vegetación de las regiones templadas y húmedas, y ya se comienza a registrar vegetación de climas semicálidos, provocando que se establezcan plantaciones que toleran esas condiciones climáticas, como el aguacate y agave mezcalero. Las proyecciones de aumento de temperatura promedio anual para el estado son de 1.4 °C para 2030, 2.2 °C para 2060 y 3.6 °C para 2090.

Por supuesto, el aumento de temperatura está acompañado de una disminución en la precipitación, lo que modifica las condiciones ambientales en los ecosistemas. Para 2090 se proyecta una reducción de 95.8% en el hábitat propicio para los bosques de coníferas de la entidad y 78.7% para los bosques de encino (*Quercus* spp.). En la meseta Purépecha, dentro de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, ya se ha registrado pérdida de follaje en individuos de pino caniz (*Pinus pseudostrobus*) y oyamel (*Abies religiosa*), por sequías ligadas al cambio climático.

Aunque la entidad alberga importantes reservas de agua dulce, se ha identificado un severo grado de contaminación en algunas de las principales cuencas hidrológicas, como las regiones tributarias del río Balsas y del sistema Cutzamala, ocasionando un grave problema de salud pública. Esto se debe principalmente al crecimiento urbano en la entidad; la expansión urbana y el desarrollo de actividades agropecuarias han ocasionado la pérdida de áreas verdes y de recarga de acuíferos, además de contaminación atmosférica y de cuerpos de agua.

Los escenarios de la pérdida de diversidad biológica en Michoacán coinciden con lo observado a nivel global, incluso el deterioro es mayor a lo presentado en otros estados del país; sin embargo, a pesar de la complejidad y sinergismo en los procesos de deterioro es posible atenuarlo o mitigarlo adoptando alternativas de producción y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Efectos del manejo forestal en la diversidad y estructura de especies arbóreas

JOSÉ LUIS NAVARRETE PÉREZ NEGRÓN, MARÍA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ Y DIEGO RAFAEL PÉREZ SALICRUP

INTRODUCCIÓN

El manejo forestal comprende todas aquellas acciones destinadas a ordenar, cultivar, conservar, restaurar y aprovechar los recursos forestales, tratando de mantener la integralidad funcional y la capacidad productiva de los ecosistemas forestales. En México, el Programa de Manejo Forestal (PMF) es el instrumento técnico para organizar las acciones de planeación, ejecución y seguimiento del manejo forestal. Todo PMF debe garantizar el mantenimiento de la diversidad, abundancia y composición de especies propias de cada ecosistema forestal (SEMARNAT 2003).

La conservación de la diversidad biológica es una de las principales aspiraciones de la silvicultura sustentable y está relacionada con mayor estabilidad ecológica, mantenimiento de la productividad y resistencia a perturbaciones (Enkerlin y Correa 1997, Lindenmayer *et al.* 2000). La planeación y ejecución del manejo forestal no debe reducirse sólo a la producción de madera, sino que debe considerar el mantenimiento de los bienes y servicios que proveen los bosques, para lo cual es fundamental mantener la biodiversidad (Enkerlin y Correa 1997).

En áreas bajo manejo forestal, el aprovechamiento maderable modifica la estructura,[1] composición y diversidad de los bosques (Montes *et al.* 2005, Solís *et al.* 2006, Gutiérrez-Granados *et al.* 2011). Estas modificaciones asociadas al aprovechamiento forestal pueden diferir notoriamente entre distintos ecosistemas y bajo diferentes esquemas de aprovechamiento (Gutiérrez-Granados *et al.* 2011). El mejor escenario es aquel en que el bosque se mantiene sin alteraciones significativas en diversidad y estructura. Un aumento artificial de la diversidad podría derivar en la reducción de la densidad de las especies objeto de aprovechamiento, disminuyendo el interés por el uso del suelo forestal y aumentando la presión de cambio hacia fines agrícolas, ganaderos o urbanos. Por su parte, una reducción de la diversidad podría derivar en la pérdida de funciones y procesos ecosistémicos y, eventualmente, fomentar el cambio de uso del suelo.

Navarrete P.-N., J.L., M.I. Ramírez y D.R. Pérez-Salicrup. 2019. Efectos del manejo forestal en la diversidad y estructura de especies arbóreas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 293-300.

[1]"Estructura: distribución y organización espacial de los diferentes componentes de la comunidad vegetal; es función, en gran medida, de la forma biológica de los mismos" (Rzedowsky 2006:407).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

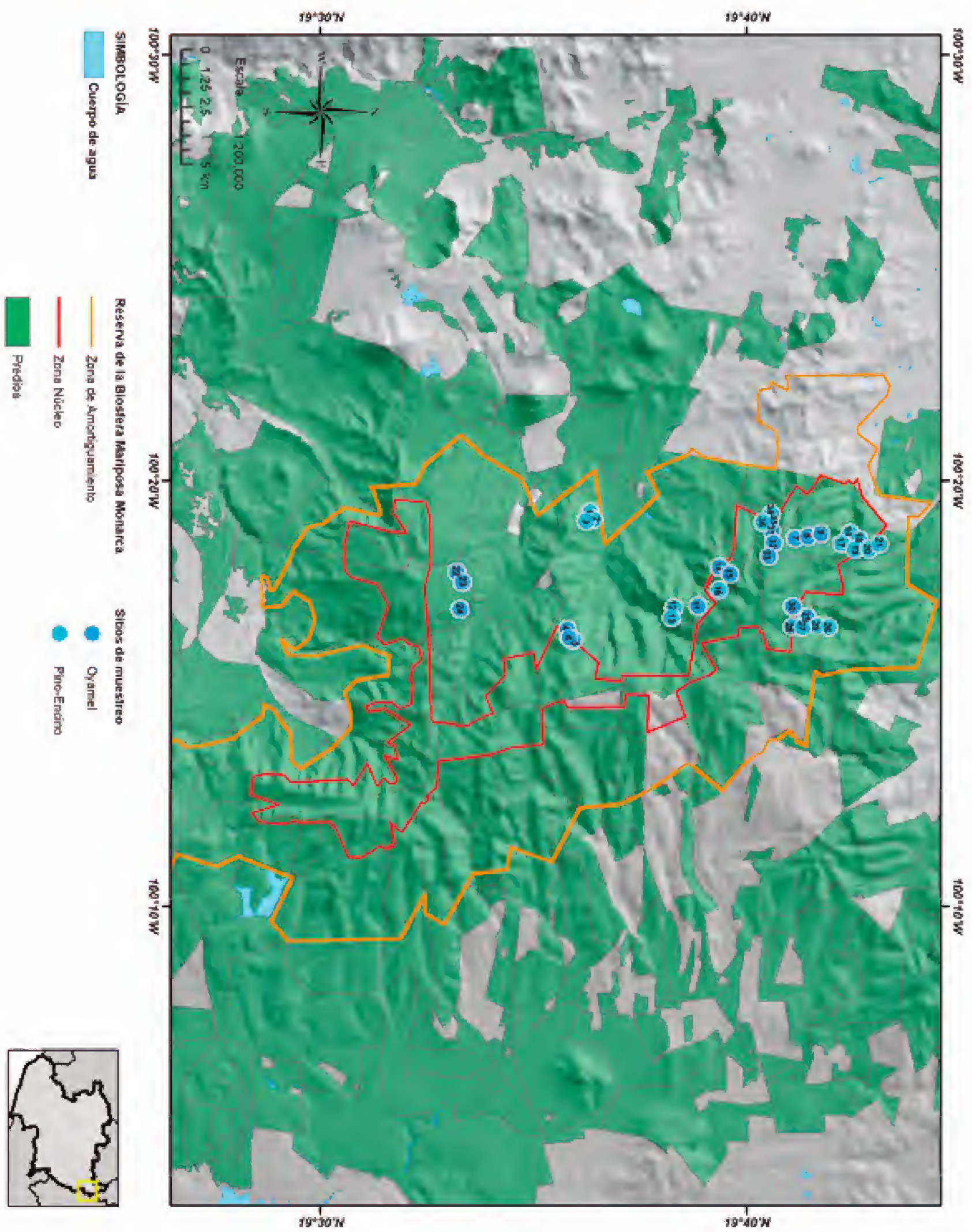


FIGURA 1. Localización de los sitios de muestreo por asociación forestal y predio de colecta. Fuente: elaboración propia con datos de RAN 2016.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En este trabajo se analizan los efectos del manejo forestal en la diversidad y estructura arbórea de bosques de la porción michoacana de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM). Para ello, se evaluó si el aprovechamiento forestal puede asociarse con el aumento, reducción o mantenimiento de la diversidad arbórea, concretamente la riqueza (o número de especies), y se identificaron cuantitativamente los cambios en la estructura de las comunidades arbóreas donde se realiza aprovechamiento forestal. Esta información aporta elementos para evaluar la efectividad de los planes de manejo en la reserva y, en su caso, sugerir modificaciones encaminadas a mantener la diversidad y estructura del estrato arbóreo.

ÁREA DE ESTUDIO

La RBMM se localiza entre el Estado de México y Michoacán: comprende cuatro municipios el primero y seis el segundo. Tiene una extensión total de 56 259 ha, divididas en tres zonas núcleo (13 551 ha) y dos zonas de amortiguamiento (42 708 ha; CONANP 2001). El paisaje de la reserva se caracteriza por un conjunto montañoso de origen volcánico cubierto por bosques de oyamel (*Abies religiosa*) y oyamel-pino (*Abies-Pinus*) en las partes más altas, y bosques mixtos de pino-encino (*Pinus-Quercus*) y otras especies de hoja ancha como ailes (*Alnus* sp.), capulines (*Prunus* sp.) y madroños (*Arbutus* sp.) en las partes más bajas. Los suelos dominantes son andosoles, acrisoles y luvisoles, poco favorables para la agricultura pero adecuados para sustentar vegetación leñosa (Madrigal-Sánchez 1994, Giménez de Azcárate *et al.* 2003). La RBMM presenta dos tipos de clima: semifrío subhúmedo, en las partes dominadas por oyameles, entre los 2 600 y 3 500 msnm; templado subhúmedo correspondiente a los bosques de pino-encino en altitudes entre 2 300 y 3 000 msnm (CONANP 2001).

MÉTODOS

Para documentar el efecto de la extracción de madera sobre la diversidad de especies y la estructura forestal se establecieron 36 parcelas de muestreo en diferentes núcleos agrarios del lado michoacano de la RBMM que han tenido manejo autorizado. La ubicación de cada parcela se estableció considerando tres criterios: 1) la dominancia[2] de los árboles del dosel, separando entre bosques de oyamel y bosques mixtos de pino-encino; 2) la edad desde la última extracción forestal, que se obtuvo a partir de los planes de manejo para cada predio y se corroboró mediante entrevistas con los dueños de éstos; y 3) la conservación de la cubierta forestal, considerando áreas que desde 1993 no hubieran mostrado alteraciones en la cubierta ni en la densidad arbórea (Navarrete *et al.* 2011). Los muestreos se llevaron a cabo en los ejidos Angangueo y Jesús Nazareno, del municipio de Angangueo; El Paso, en Ocampo y El Calabozo Fracción II y San José Corrales, en Senguio (figura 1).

En cada sitio se estableció una parcela circular de 1 000 m^2, donde se identificaron las especies arbóreas y se midieron los diámetros normales (dn; a 1.3 m de altura) de todos los individuos ≥1.5 m de altura (árboles). Al centro de cada parcela se delimitó una subparcela de 100 m^2, en donde se registró la especie y altura de todos los individuos entre 0.5-1.49 m de altura (brinzales; figura 2). Finalmente, se identificó la especie y se registró la altura de todos los individuos ≤0.49 m de altura (renuevos) encontrados en tres cuadros de 1 m^2, áreas que se distribuyeron de manera equidistante dentro de la parcela de 1 000 m^2.

Considerando sólo los árboles (≥1.5 m de altura) para cada sitio se estimaron las siguientes variables de respuesta (Moreno 2001): riqueza de especies arbóreas, abundancia de individuos y dominancia por especie, esto último a través del área basal.[3] Asimismo, se estimó el número de renuevos y brinzales por especie. Dependiendo de la normalidad del grupo de variables a comparar se utilizaron pruebas estadísticas paramétricas (ANCOVA) y no paramétricas (U de Mann-Whitney y correlación por rangos de Spearman) para el procesamiento de datos (Fowler y Cohen 1999, Sokal y Rohlf 2003).

FIGURA 2. Regeneración en bosque de pino con brinzales. Foto: D.R. Pérez-Salicrup.

[2]"Dominancia: preponderancia cuantitativa de una especie, un estrato, una forma biológica, un elemento, etc., en una comunidad vegetal" (Rzedowski 2006:406).

[3]"Área basal: superficie del sustrato que está en contacto directo con los organismos" (Rzedowski 2006:402). Es una medida que permite estimar la densidad y dominancia del arbolado, y sirve como un indicador de calidad del sitio.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

RESULTADOS

Diversidad de especies arbóreas

Se registraron un total de 19 especies arbóreas, comprendidas en 15 géneros y 13 familias. Las familias Fagaceae y Pinaceae fueron las más representadas, con cuatro y tres especies, respectivamente (cuadro 1). Los bosques de pino-encino tuvieron un mayor número de especies arbóreas por parcela (4.4 ± 0.46), en relación con los bosques de oyamel (2.8 ± 0.30).

Árboles (≥1.5 m)

En las parcelas de bosque de pino-encino la especie dominante es *Pinus pseudostrobus,* con una abundancia promedio de 170 ind/ha y 28% de los individuos colectados (cuadro 2). El resto de los árboles corresponden a otras especies, principalmente de árboles de hoja ancha (latifoliadas) como encinos y trompillo, y también algunas coníferas como oyameles y cedros. En 13 de 18 sitios los árboles de hoja ancha superaron en abundancia a los pinos; no obstante, en su etapa madura los pinos son dominantes. Esto se pudo observar gracias a que poco más de 75% del área basal total del arbolado de estos sitios está conformada por pinos, con un promedio de área basal de 35 m^2/ha. No se encontró correlación entre la abundancia relativa de pinos (relación expresada como porcentaje entre el número de individuos de una especie y el número total de individuos de las especies encontradas en el estudio) y la edad desde la última extracción forestal de cada sitio, pero sí con la dominancia, ya que el área basal de los pinos es mayor en los sitios con más años desde la última fecha de extracción.

Por su parte, en los bosques de oyamel, *Abies religiosa* fue la especie dominante, con una abundancia promedio de 822 ind/ha y acumulando 86% de los individuos registrados (cuadro 3). Estos árboles conformaron 72% del área basal del arbolado de los bosques de oyamel, con un promedio de área basal de 32 m^2/ha. De la misma manera, la última fecha de extracción forestal tampoco tuvo un efecto significativo en la abundancia relativa, pero sí en la dominancia.

CUADRO 1. Diversidad arbórea en bosques con manejo forestal de ejidos de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Localización*				
				AN	CL	EP	JN	SJ
Pinaceae	*Abies*	*religiosa*	Oyamel	O, M	O, M	O	O	O, M
Betulaceae	*Alnus*	*acuminata*	Aile	M			M	
Clethraceae	*Clethra*	*mexicana*	Encino roble				M	M
Ericaceae	*Comarostaphylis*	*discolor*	Madroño	M				
	Comarostaphylis	*longifolia*	Madroño		M			M
Rosaceae	*Crataegus*	*mexicana*	Tejocote	M				
Cupressaceae	*Cupressus*	*lusitanica*	Cedro	M	M			O
Oleaceae	*Fraxinus*	*udhei*	Fresno	M				
Garryaceae	*Garrya*	*laurifolia*	Huajote					O
Araliaceae	*Oreopanax*	*xalapensis*	Mazorco	M				
Pinaceae	*Pinus*	*ayacahuite*	Pino	O				
	Pinus	*pseudostrobus*	Pino	O, M	O, M	O	O, M	O, M
Rosaceae	*Prunus*	*brachybotrya*	Garrapata				M	
Fagaceae	*Quercus*	*crassifolia*	Roble blanco	M				
	Quercus	*laurina*	Escobillo	M	O, M	O	O, M	O, M
	Quercus	*rugosa*	Roble	M	M		O, M	O, M
Rhamnaceae	*Rhamnus*	*microphylla*	Capulín			O		
Symplocaceae	*Symplocos*	*citrea*	Capulín de virgen	M		O		
Theaceae	*Ternstroemia*	*lineata*	Trompillo	M			M	M

*Ejidos. AN: Angangueo, CL: El Calabozo Fracc II, EP: El Paso, JN: Jesús Nazareno, SJ: San José Corrales. Asociación forestal. O: bosque de oyamel, M: bosque mixto de pino-encino.
Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Abundancia y dominancia de especies arbóreas registradas (≥1.5 m de altura) en bosques de pino-encino.

Especies	Número de parcelas con registro	Individuos		Área basal promedio		Abundancia relativa*	Dominancia relativa*
		Ind/ha	DE	m^2/ha	DE	% ind	% AB
Pinus pseudostrobus	18	170	113	35.6	14.4	27.6	75.8
Quercus laurina	9	161	117	5.0	7.5	13.1	10.4
Q. rugosa	10	81	72	2.9	4.7	7.3	6.0
Abies religiosa	8	109	91	1.2	2.4	7.9	5.3
Ternstroemia lineata	6	487	465	0.4	0.8	26.4	0.8
Alnus acuminata	2	30	20	0.2	0.7	0.5	0.5
Clethra mexicana	4	45	34	0.2	0.5	1.6	0.4
Prunus brachybotrya	2	45	35	0.1	0.3	0.8	0.3
Comarostaphylis longifolia	4	180	164	0.1	0.3	6.5	0.2
Cupressus lusitanica	2	275	265	0.1	0.3	5.0	0.2
Comarostaphylis discolor	2	150	50	0.0	0.1	2.7	0.1
Symplocos citrea	1	20	0	0.0	0.0	0.2	0.1
Crataegus mexicana	1	10	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Fraxinus uhdei	1	10	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Oreopanax xalapensis	1	10	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Q. crassifolia	1	10	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Total		**615**		**45.8**		**100.0**	**100.0**

*Calculado del total de árboles colectados. n: 1 107, DE: desviación estándar de la media, AB: área basal.
Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo.

Brinzales (0.5-1.49 m)

No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de brinzales de coníferas entre los bosques de pino-encino (100 ± 52 ind/ha) y los de oyamel (117 ± 50 ind/ha). No obstante, se identificó mayor presencia de brinzales de coníferas en sitios cuya última extracción forestal es ≤ a 23 años, comparado con su escasa presencia en sitios de manejo >30 años. Por su parte, la abundancia de brinzales de especies de hoja ancha fue mayor en bosques de pino-encino (800 ± 232 ind/ha) que en bosques de oyamel (144 ± 71.0 ind/ha), y en ambos casos no se identificó efecto de la última extracción forestal en la abundancia.

Renuevos (≤0.49 m)

Se encontraron gran cantidad de plántulas de renuevo de coníferas, tanto en bosques de pino-encino (5 370 ± 2 019 ind/ha) como en bosques de oyamel (55 740 ± 37 617 ind/ha). En el caso de los árboles de hoja ancha, el número de renuevos también fue abundante, tanto en bosques de pino-encino (8 333 ± 1 871 ind/ha) como en bosques de oyamel (1 296 ± 1 115 ind/ha). En ningún caso hubo efecto de la fecha de la última extracción forestal.

DISCUSIÓN

Las 19 especies arbóreas, comprendidas en 15 géneros, encontradas en este trabajo son congruentes con las identificadas en estudios previos llevados a cabo en la RBMM. Dependiendo de la extensión y ubicación del área de estudio se reportan entre 19 y 33 especies arbóreas, comprendidas entre 12 y 22 géneros (Farfán 2001, Cornejo-Tenorio *et al.* 2003, Giménez de Azcárate *et al.* 2003).

En estudios llevados a cabo en bosques templados, con y sin manejo forestal (o antiguo), se ha encontrado que rodales de bosques manejados tienen valores más altos de diversidad de especies de árboles que aquellos rodales ubicados en bosques sin manejo (Iida y Nakashizuka 1995, Torras y Saura 2008), lo que es congruente con la hipótesis del disturbio intermedio (Jenkins y Parker 1998, Battles *et al.* 2001).

Abies religiosa y *Pinus pseudostrobus*, por su abundancia y dominancia, son respectivamente las especies clave de las dos asociaciones vegetales bajo estudio, y en ninguna de ellas se encontró efecto significativo de la última fecha de aprovechamiento sobre la diversidad arbórea. Esto puede deberse a que en la RBMM el método

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Abundancia y dominancia de especies arbóreas registradas (≥ 1.5 m de altura) en bosques de oyamel.

Especies	Número de parcelas con registro	Individuos		Área basal promedio		Abundancia relativa*	Dominancia relativa*
		Ind/ha	DE	m^2/ha	DE	% ind	% AB
Abies religiosa	18	822	1059	32.3	13.4	86.5	72.1
Pinus pseudostrobus	14	54	46	11.8	8.9	4.4	20.5
P. ayacahuite	3	163	68	9.9	1.7	2.9	3.7
Quercus laurina	6	152	106	4.0	1.1	5.3	3.0
Q. rugosa	3	20	8	2.0	1.6	0.4	0.7
Cupressus lusitanica	1	10	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Garrya laurifolia	1	40	0	0.2	0.0	0.2	0.0
Rhamnus microphylla	1	20	0	0.0	0.0	0.1	0.0
Symplocos citrea	1	30	0	0.0	0.0	0.2	0.0
Total		**950**		**44.9**		**100.0**	**100.0**

*Calculado del total de árboles colectados. n: 1 710, DE: desviación estándar de la media, AB: área basal.
Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo.

selectivo de baja intensidad que se aplica no la ha afectado de manera significativa. En todos los sitios analizados se aplicó el método mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMOBI) con intensidad de corta menor a 20% de la posibilidad (cantidad de madera en condiciones de ser extraída) y concentrado en las especies clave (SEMARNAT 2003). Esto es positivo, ya que el aumento de la diversidad y abundancia de ciertas especies como consecuencia de una alteración no siempre es lo más deseable, sobre todo si ese aumento trae consigo la disminución de especies clave en el ecosistema (Mills *et al.* 1993, Del Castillo *et al.* 2009).

En los bosques de pino-encino se encontró una abundancia promedio de 170 ± 113 árboles de *Pinus pseudostrobus* por hectárea, esta cifra es similar a lo reportado para otros bosques de pino-encino de Michoacán, donde se cuantificaron entre 112 y 223 árboles de pino por hectárea (Vázquez *et al.* 2006). No obstante, en este estudio la abundancia relativa de pinos alcanzó sólo 28%, por debajo del rango de 59-88% registrado por Vázquez *et al.* (2006). Considerando todas las especies de esta asociación se registró un promedio de 46 ± 12 m^2/ha de área basal, menor que los 60 m^2/ha reportados para este tipo de bosque en el centro del estado (Zacarías-Eslava *et al.* 2011), lo que puede atribuirse a la juventud de unas parcelas o la baja cobertura arbórea.

Esto último también sucede en las parcelas analizadas de bosques de oyamel (figura 3), donde el área basal promedio es de 45 m^2/ha, con un rango entre 17-85 m^2/ha en relación con la última fecha de extracción. Se ha reportado un área basal de hasta 70 m^2/ha, considerando sólo los individuos de *Abies religiosa* (Sánchez-Velázquez y Pineda-López 1991), cuando el promedio registrado en este estudio es de apenas 32 m^2/ha. La abundancia relativa de *A. religiosa* encontrada en esta investigación fue de 86%, con un promedio de 822 ind/ha. Cabe señalar que el número de individuos de *A. religiosa* presentes en cada sitio de muestreo fue variable, lo que refleja la heterogeneidad de estructuras y edades (6-100 años) entre las parcelas. Para la sierra Chincua, Vázquez *et al.* (2006) reportaron 230 oyameles por hectárea, con una abundancia relativa de 99%, cifras similares a las halladas en este estudio.

Al analizar los brinzales de coníferas, tanto de pinos como de oyameles, se encontró que conforme aumenta la edad desde la última extracción forestal disminuye la cantidad de individuos en este estrato. Incluso en aquellos sitios donde no ha habido manejo por más de 30 años se reportó la ausencia de brinzales. Estos bajos niveles de reclutamiento y baja abundancia de individuos pequeños, ha sido también reportada para otros bosques templados del país (Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010); a diferencia de los brinzales de coníferas, los individuos pequeños de encino y otras especies de hoja ancha fueron siempre abundantes, sobre todo en los bosques mixtos de pino-encino, sin ningún efecto de la última fecha de extracción forestal.

En la RBMM las prácticas de manejo forestal han sido menos compatibles con los bosques de pino-encino que con los bosques de oyamel. En los primeros, los pinos muestran valores de abundancia bajos, identificándose cierto desplazamiento de éstos por encinos y otras especies de hoja ancha. Esta situación ya ha sido reportada para bosques templados del cen-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

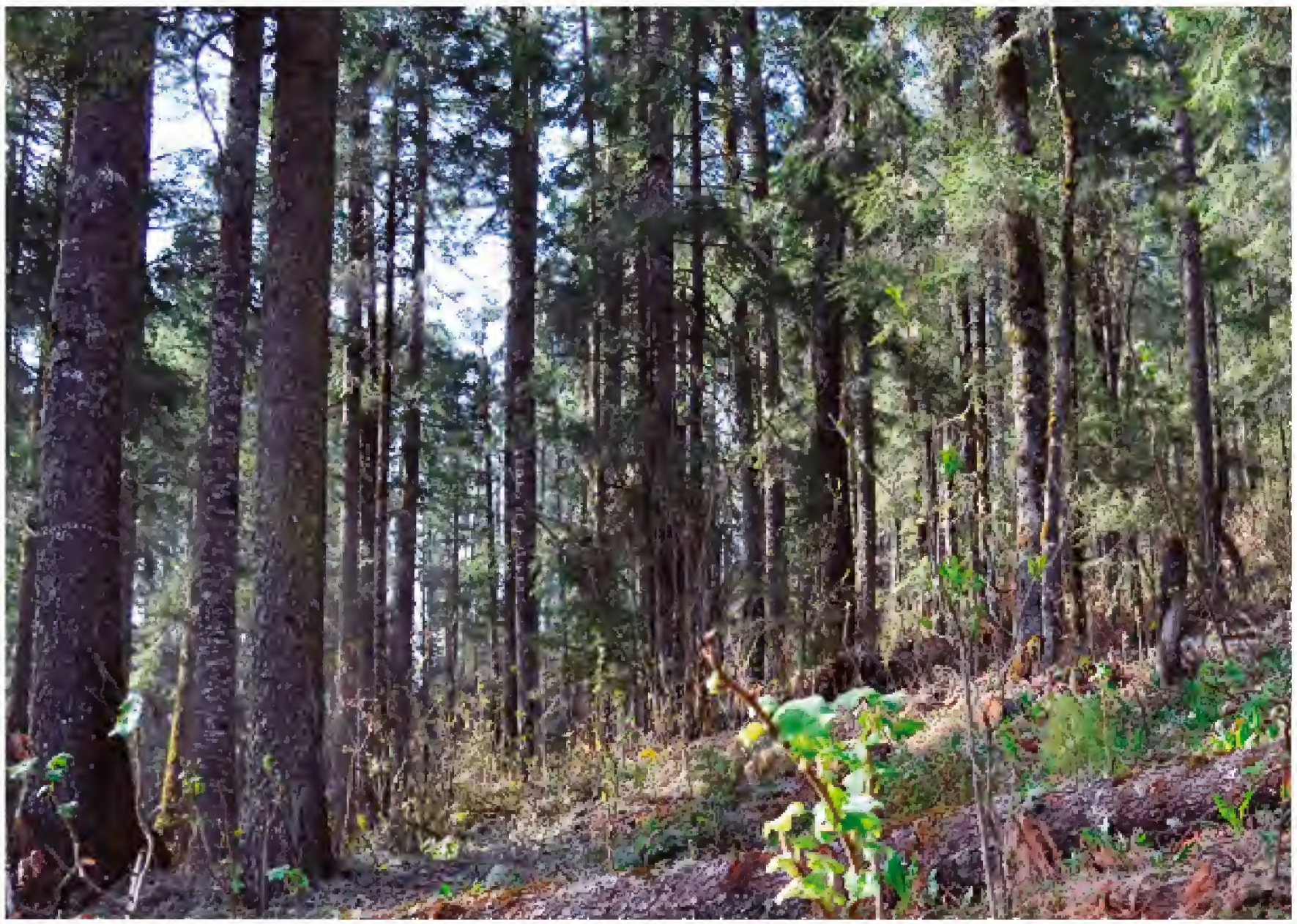


FIGURA 3. Bosque de oyamel joven. Foto: M.I. Ramírez.

tro de México (Jardel 1985, Mas-Porras 1990). En los bosques de oyamel, a pesar de que ha habido una buena recuperación posterior a las perturbaciones ocasionadas por el aprovechamiento, resalta la ausencia de árboles viejos. El oyamel registrado con las mayores dimensiones tenía 85 cm de diámetro normal y 42 m de altura, cuando la especie podría alcanzar 1.80 cm de diámetro y 60 metros de altura (CONAFOR 2007). Lo cual representa un problema serio, a corto y mediano plazo, tanto en términos ecológicos como económicos.

El manejo forestal autorizado (MMOBI) ha sido una medida eficaz para mantener la cubierta forestal en la mayor parte de la reserva; no obstante, una mejora considerable consiste en ajustar las justificaciones técnicas para las posibilidades de extracción de pinos, encinos y oyameles en la RBMM. En el primer caso se debe favorecer el establecimiento y dominancia del renuevo de pinos sobre encinos u otras especies de hoja ancha, con el fin de fomentar la continuidad de sus generaciones. Para el caso de los bosques de oyamel se debe garantizar la existencia de árboles maduros grandes, sobre todo en las áreas de establecimiento de las colonias de mariposas, donde juegan un papel crítico para el éxito de la hibernación de estos invertebrados (Brower *et al.* 2009).

REFERENCIAS

Battles, J.J., A.J. Shlisky, R.H. Barrett *et al.* 2001. The effects of forest management on plant species diversity in a Sierran conifer forest. *Forest Ecology and Management* 146: 211-222.

Brower, L.P., E.H. Williams, D.A. Slayback *et al.* 2009. Oyamel fir forest trunks provide thermal advantages for overwintering monarch butterflies in Mexico. *Insect Conservation and Diversity* 2(3):163-177.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2007. Reforestación-Fichas Técnicas, *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.). En: *http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/873Abies%20religiosa.pdf,* última consulta: 23 noviembre de 2018.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2001. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. CONANP, México.

Cornejo-Tenorio, G., A. Casas, B. Farfán *et al.* 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73:43-62.

Del Castillo, R.F., S. Trujillo y C. Sáenz-Romero. 2009. *Pinus chiapensis*, a keystone species: genetics, ecology, and conservation. *Forest Ecology and Management* 257: 2201-2208.

Enkerlin, H.E. y S.A. Correa. 1997. Recursos bióticos. En: *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. H. Enkerlin, G. Cano, C. Garza y E. Vogel (eds.). International Thomson Editores, México, pp. 263-274.

Farfán, H.B. 2001. *Aspectos ecológicos y etnobotánicos de los recursos vegetales de la comunidad mazahua Francisco*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Serrato, municipio de Zitácuaro, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Fowler, J. y L. Cohen. 1999. *Estadística básica en ornitología.* SEO-BirdLife, Madrid.

Giménez de Azcárate, J., M.I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa* 24:87-111.

Gutiérrez-Granados, G., D.R. Pérez-Salicrup y R. Dirzo. 2011. Differential diameter-size effects of forest management on tree species richness and community structure: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 20(7):1571-1585.

Iida, S. y T. Nakashizuka. 1995. Forest fragmentation and its effect on species diversity in sub-urban coppice forests in Japan. *Forest Ecology and Management* 73:197-210.

Jardel, E. 1985. Una revisión crítica del Método Mexicano de Ordenación de Bosques desde el punto de vista de la ecología de poblaciones. *Ciencia Forestal* 10(58):3-16.

Jenkins, M.A. y G.R. Parker. 1998. Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. *Forest Ecology and Management* 109:57-74.

Lindenmayer, D.B., C.R. Margules y D.B. Botkin. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology* 14(4):941-950.

Madrigal-Sánchez, X. 1994. *Características ecológicas generales de la región forestal oriental del estado de Michoacán, México.* UMSNH, Morelia.

Mas-Porras, J. 1990. *El Sistema Silvícola de Selección (SISISE) para bosques de coníferas de la región central de México.* Pub. Especial núm. 1. CIFAP-MICH/INIFAP/SARH, Michoacán.

Mills, L.S., M.E. Soulé y D.F. Doak. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43(4):219-224.

Montes, F., M. Sánchez, M. del Río e I. Cañellas. 2005. Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forest. *Forest Ecology and Management* 207:279-293.

Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1.* Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo/Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO/Sociedad Entomológica Aragonesa, España.

Navarrete, J.L., M.I. Ramírez y D.R. Pérez-Salicrup. 2011. Logging within protected areas: spatial evaluation of the monarch butterfly biosphere reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management* 262:646-654.

RAN. Registro Agrario Nacional. 2016. Perimetrales de los núcleos agrarios certificados. En: *<http://catalogo.datos.gob.mx/organization/ran>*, última consulta: 8 de septiembre de 2016.

Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México* (1ª ed. digital). CONABIO, México. En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf>*, última consulta: 20 de noviembre de 2015.

Sánchez-Velázquez, L.R. y M.R. Pineda-López. 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., en el Cofre de Perote, estado de Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana* 16:45-55.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada el 7 de junio de 2013 en el DOF. Texto vigente.

Sokal, R.R y F.J. Rohlf. 2003. *Introducción a la bioestadística.* Reverté Ediciones, México.

Solís, R., O. Aguirre, E. Treviño *et al.* 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques* 12(2):49-64.

Torras, O. y S. Saura. 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecology and Management* 255:3322-3330.

Vázquez, I., S. Madrigal, J. García *et al.* 2006. *Diagnóstico sanitario forestal en el estado de Michoacán.* Campo Experimental Uruapan. Publicación Técnica núm. 1. CIRPAC/INIFAP, Michoacán.

Zacarías-Eslava, L.E., G. Cornejo-Tenorio, J. Cortés-Flores *et al.* 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:854-869.

Zacarías-Eslava, Y. y R.F. del Castillo. 2010. Comunidades vegetales templadas de la sierra de Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:13-28.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Introducción de especies exóticas invasoras: amenaza para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad

EK DEL VAL, FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCÍA
Y JUAN PABLO MARTÍNEZ ZAVALETA

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han impactado la biodiversidad a nivel global, no sólo por el cambio de uso del suelo y actividades agropecuarias, sino también por el intercambio de especies entre diferentes regiones (Sala *et al.* 2000). Por un lado, el movimiento de especies ha potenciado el desarrollo de la agricultura y la ganadería a gran escala, lo que a su vez ha permitido la expansión de las sociedades y la colonización de lugares remotos, pero también este movimiento de especies de magnitud considerable ha traído consigo consecuencias graves para los ecosistemas.

Se estima que hoy en día las especies invasoras son la segunda causa de pérdida de biodiversidad en todo el mundo (Vitousek *et al.* 1997). Como es de suponerse, no todos los ecosistemas han sido impactados en la misma magnitud, en particular los matorrales, los bosques, las islas y los cuerpos de agua dulce han resultado perjudicados, en términos de pérdida de biodiversidad, en la disrupción de sus procesos ecosistémicos y, por ende, de los servicios que proveen (Sala *et al.* 2000). Estos ecosistemas han sido afectados sobre todo debido a la alteración de sus regímenes de disturbio y a sus condiciones biofísicas; sin embrago, aún falta entender por qué algunos ecosistemas son más susceptibles a la invasión que otros. Por otro lado, las especies invasoras ocasionan pérdidas importantes en la actividades económicas, tanto agropecuarias como industriales, y anualmente se destinan cientos de millones de dólares para contrarrestar sus efectos negativos (Pimentel *et al.* 2005).

Las causas de introducción de especies exóticas a una nueva región pueden ser intencionales (fines agrícolas, forestales, pecuarios, ornamentales, mascotas u organismos relacionadas con el acuarismo) o accidentales, como el caso de los organismos patógenos o plagas que atacan a humanos, cultivos o animales, contaminantes de productos agropecuarios, organismos adheridos a la ropa o calzado de los viajeros, así como especies acuáticas transportadas en las aguas de lastre de los barcos, insectos y

Del-Val, E., F.J. Espinosa-García y J.P. Martínez-Zavaleta. 2019. Introducción de especies exóticas invasoras: amenaza para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 301-305.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

microorganismos que están contenidos en los materiales de embalaje, etc. Todos ellos viajan como polizontes inadvertidos (Mack *et al.* 2000).

De las especies que son introducidas a un nuevo lugar pocas son las que llegan a establecerse, ya que la mayoría muere (Williamson 1996). De las que sobreviven, pocas se naturalizan, es decir, pueden producir poblaciones viables que se mantienen sin causar problemas en un tiempo (llamado fase *lag*), que varía de acuerdo con la naturaleza de la especie invasora. Por ejemplo, algunas especies de malezas arbóreas pueden pasar de 100 a 300 años en esta fase, mientras que patógenos de humanos, animales o plantas, pueden tener una fase *lag* de días (Kowarik 1995).

De las especies naturalizadas solamente unas cuantas comienzan una fase de expansión exponencial y se convierten en especies invasoras problemáticas (Williamson 1996). Es así que podemos definir a las especies invasoras como aquellas que son capaces de incrementar sus poblaciones y expandirse por sí solas rápidamente, desplazando o eliminando a otras especies de plantas o animales que de forma natural habitan un ecosistema particular. Una vez establecidas, las especies invasoras persisten por mucho tiempo y su presencia y expansión ponen en peligro la diversidad biológica (Mack *et al.* 2000).

ESPECIES INVASORAS REPORTADAS

En México, y en particular en Michoacán, hay pocos estudios sobre el efecto de las especies invasoras sobre los ecosistemas locales y sobre los costos asociados a su introducción (Aguirre-Muñoz *et al.* 2009, Espinosa-García y Vibrans 2009), pero hay evidencia de que es un problema que debería estudiarse a profundidad, ya que se ha documentado la presencia de por lo menos 366 especies exóticas en la entidad (CONABIO 2013) y 11 son consideradas como especies exóticas de alto impacto en el mundo (apéndice 56; GISP 2013).

En Michoacán se presentan varios casos de especies invasoras que han generado un gran problema; en particular las plantas acuáticas y los peces de agua dulce han ocasionado problemas ambientales y pérdidas en la producción acuícola graves para el estado (Mendoza y Koleff 2014).

DAÑOS OCASIONADOS POR LAS ESPECIES INVASORAS

Daños ambientales

Las especies invasoras pueden afectar la biodiversidad eliminando de forma directa o desplazando localmente a las especies nativas, ya sea por depredación –en el caso de los carnívoros o herbívoros sobre plantas– o por ser mejores competidores de recursos que las especies nativas. Esto se manifiesta en su capacidad para acaparar nutrimentos, agua o espacio, en el caso de las plantas, y en el caso de los animales por consumir las mismas presas y ocupar los mismos lugares de anidación o de refugio (Mack *et al.* 2000). Además, muchas especies invasoras pueden alterar el hábitat de otras especies e incluso eliminar especies nativas como consecuencia de la modificación del hábitat (Aguirre-Muñoz *et al.* 2009).

Se ha observado que muchas de las especies que se convierten en invasoras tienen la capacidad de alterar los regímenes de disturbio que imperaban en un ecosistema antes de su llegada, es decir, pueden aumentar la frecuencia o la intensidad del disturbio. Ejemplo de esto son el fuego, que implica incendios más grandes, y el pastoreo, en donde se incrementa el apisonamiento del suelo y se modifica la distribución de nutrientes, cambios con los que muchas especies nativas desaparecen (Rejmánek 1989).

Otro ejemplo de la modificación de los disturbios por especies invasoras son los pastos africanos, como el zacate buffel (*Pennisetum ciliare*), que ha sido introducido en todo el mundo, incluyendo México, para aumentar el forraje para el ganado. Los pastos introducidos producen mucha biomasa, por lo que son altamente apreciados por los ganaderos ya que obtienen mayor rendimiento de forraje por hectárea (Ibarra-Flores *et al.* 2009). Sin embargo, ese aumento de biomasa también promueve la incidencia de fuegos, al incrementar la carga de hojas secas acumuladas aumenta la intensidad de los incendios, a lo que las especies nativas no están adaptadas, por lo que las especies exóticas reemplazan por completo a las nativas luego de varios eventos de fuego, estableciéndose así comunidades monoespecíficas (Arriaga y Castelllanos 2004).

En Michoacán se reportan 153 especies de pastos exóticos, de los cuales 15 son considerados con alto potencial invasor (CONABIO 2014). Varias de estas especies también son promotoras de fuego, por lo que la vegetación nativa de los sitios invadidos está en riesgo de experimentar incendios severos.

Las especies exóticas de plantas que invaden hábitats acuáticos también se han relacionado con cambios en los regímenes de disturbio del ecosistema. Estas plantas eutrofizan los lagos y presas, ya que cubren la superficie e impiden que llegue la luz a la columna de agua, ocasionando que las algas que producían el oxígeno mueran y se generen condiciones anóxicas que provocan la mortalidad de peces y otros invertebrados. Además, las plantas exóticas invasoras evaporan grandes cantidades de agua, porque tienen tasas de transpiración altas (Sala *et al.* 1996); también dificultan la navegación y entorpecen el funcionamiento de las esclusas en las presas (Pimentel *et al.* 2005).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Un ejemplo de los daños que pueden provocar estas plantas es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), por el que se reportaron pérdidas de 411 millones de dólares para el año de 1997 en México (Pérez-Panduro 1998). En Michoacán, el lirio acuático es abundante en los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y en la presa de Queréndaro, incluso se tiene una campaña continua para disminuir su abundancia por medio de dragas, aunque los resultados no son evidentes. Es necesario emprender acciones más enérgicas; el lirio también es abundante en los canales de Morelia y en 2014 llegó a la presa de Cointzio.

Otros aspectos relacionados con los daños que genera la invasión de especies se relacionan con los atributos genéticos. Se ha documentado que al arribar individuos de animales o plantas provenientes de otras regiones (exóticos) puede ocurrir una hibridación entre éstos y los individuos nativos de especies emparentadas, dando como consecuencia que el comportamiento agresivo de los híbridos desplace a otras especies que antes coexistían con las nativas. La hibridación puede conferir a los nuevos organismos una ventaja sobre el resto de las especies, ventaja que no tenía la población parental original, generando efectos nocivos para los ecosistemas porque son mejores competidores (Ridley y Ellstrand 2009, Meyerson *et al.* 2010). De acuerdo con reportes históricos sobre la presencia del carrizo (*Phragmites australis*) en hábitats acuáticos de Michoacán, en fechas recientes esta especie ha comenzado a desplazar a las especies nativas, como *Schoenoplectus americanus* y *Typha dominguensis*, lo cual puede ser resultado de la reciente introducción de individuos de otras poblaciones provenientes de Estados Unidos de América que son mucho más agresivas (Escutia-Lara *et al.* 2012).

Daños económicos

Las especies invasoras no solamente afectan los sistemas naturales, uno de los principales problemas que se experimentan en Michoacán es la multiplicación de las plagas exóticas en sistemas agropecuarios (Vitousek *et al.* 1997). En particular, este tipo de especies son problemáticas ya que afectan de manera importante la agricultura, la explotación forestal, apícola y ganadera del estado; por ejemplo, recientemente se ha emitido una alerta por la aparición de la enfermedad conocida como Huanglongbing, ocasionada por la bacteria *Candidatus liberibacter,* que es transmitida por el hemíptero exótico *Diaphorina citri*, considerada como plaga cuarentenaria que afecta la producción de cítricos y cuyo efecto ha sido dramático en otras partes del mundo (Rodríguez-Palomera *et al.* 2012). Hay esfuerzos importantes en la región de Tierra Caliente de Michoacán para detener la expansión del insecto, utilizando técnicas de control químico y biológico; sin embargo, la situación continúa siendo delicada para los agricultores y es necesario detener su diseminación por el resto del estado y del país (Miranda-Salcedo y López-Arroyo 2010).

Otra especie problemática es *Varroa destructor*, un ácaro de las abejas melíferas que además de parasitar a las abejas succionando su hemolinfa, también les transmite enfermedades. Este ácaro originario del sudeste de Asia entró a México en 1991 causando pérdidas severas; en Michoacán se hizo un gran esfuerzo de control, principalmente con insecticidas sintéticos, pero en regiones como Coalcomán aún ataca a más de 20% de los apiarios (García 2010).

Daños a la salud

Otro factor relacionado con el incremento de las especies exóticas invasoras en todo el mundo es el cambio climático. El hecho de que muchas regiones estén experimentando inviernos menos severos ha permitido que varias especies, en particular los insectos, puedan sobrevivir en sitios donde antes era imposible. Así, especies que llegan en cargamentos provenientes de otras partes del mundo atraviesan pocas barreras para su diseminación y se establecen en nuevos sitios donde prosperan sus poblaciones. Tal es el caso del mosquito (*Aedes aegypti*) que transmite el dengue, que ha incrementado sus poblaciones en Michoacán aumentando el número de casos de esa enfermedad. Los datos epidemiológicos de la Secretaría de Salud reportaron, para 2012, un incremento significativo de casos confirmados de dengue para la entidad, con 200% más casos que hace 10 años (INEGI 2003). Actualmente, es común observar mosquitos incluso en la época de más frío, como diciembre y enero. Este insecto es muestra de que el problema de las especies invasoras afecta a todos, ya que se relaciona con la salud humana.

De forma paralela al aumento de enfermedades transmitidas por insectos, las plagas exóticas forestales también se han incrementado debido al cambio climático. Existe una sinergia negativa, porque al aumentar las temperaturas y disminuir la precipitación, como está ocurriendo en buena parte de Michoacán, los árboles experimentan condiciones que disminuyen su vigor y les deja con menos recursos para defenderse del ataque de plagas, en particular de los descortezadores (*Dendroctonus mexicanus* y *D. frontalis*), eso ha sido documentado en Nuevo San Juan Parangaricutiro (Rubín-Aguirre *et al.* 2015) y en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (Steed y Willhite 2011). Además, el aumento en la temperatura permite que los descortezadores tengan poblaciones más grandes y que puedan colonizar nuevos sitios dentro de los bosques. Así, los pinos y encinos están sufriendo mayor cantidad de plagas, tanto exóticas como nativas, sobre todo en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

los pisos altitudinales más bajos que representan su límite de distribución, porque en esos sitios es en donde las condiciones climáticas son más estresantes (Williams y Liebhold 2002).

MALEZAS ACUÁTICAS INVASORAS

En Michoacán, las plantas acuáticas exóticas invasoras constituyen un problema, ya que la mayoría de los cuerpos de agua naturales y artificiales tienen abundantes poblaciones de una o varias especies. Huerto Delgadillo y Amador García (2011) reportaron 49 especies acuáticas para el lago de Pátzcuaro, de las cuales cuatro son consideradas exóticas invasoras (*Arundo donax, Eichhornia crassipes, Polypogon monspeliensis, Typha latifolia*; apéndice 56). Un caso significativo es el lirio acuático (*Eichornia crassipes*) originario de la cuenca del Amazonas, que fue introducido a México por la belleza de sus flores y que hoy es común en lagos, presas y distritos de riego, formando amplios manchones. Tan sólo en el lago de Pátzcuaro se invierten muchos millones de pesos para controlar la maleza y hay bastantes pérdidas por sus efectos nocivos (Huerto Delgadillo y Amador García 2011). En general se ha tratado de controlar por medios físicos o químicos, aunque recientemente se ha desarrollado una metodología utilizando dos agentes de control biológico que han resultado exitosos en otras partes del país (Martínez-Jiménez y Gómez-Balandra 2007); sin embargo, aún no se aplica esta alternativa en Michoacán. Paradójicamente, los lirios se venden en las calles y en los viveros de Morelia como plantas ornamentales, por lo que es necesario proveer de información a la ciudadanía para que los consumidores y las autoridades sean conscientes de lo que significa comprar una planta o un animal que no es nativo de Michoacán o de México (Espinosa-García 2009).

CONCLUSIONES

Si bien los efectos del establecimiento de las especies exóticas invasoras no han sido explorados con suficiente profundidad en el país, desde 2010 la CONABIO coordinó el esfuerzo para establecer una Estrategia Nacional de Especies Invasoras en México (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010). Dicha estrategia tiene como objetivos proveer información necesaria para implementar un plan de acción a nivel nacional para prevenir, controlar y erradicar las especies invasoras, asimismo, contempla acciones transversales para poder coordinar los esfuerzos entre distintos niveles de gobierno, secretarías de estado y actores sociales. Este primer esfuerzo es importante, aunque hace falta poner en marcha normas operativas que acompañen a la estrategia para que puedan emprenderse las acciones sugeridas bajo el respaldo de la ley.

En Michoacán, y en todo el país, a pesar de que se tienen ejemplos contundentes sobre las consecuencias del establecimiento de especies invasoras (véanse los estudios de caso Peces diablo: una amenaza en los cuerpos de agua michoacanos y Malezas acuáticas: amenaza para la conservación de los lagos, en esta obra), no existe suficiente conciencia a nivel gubernamental ni a nivel de la sociedad civil sobre la problemática (Espinosa-García 2003).

Es importante que bajo el marco de la Estrategia Nacional se coordinen las entidades de gobierno para prevenir la introducción de especies que podrían resultar dañinas para la biodiversidad de Michoacán, así como tener un listado con ubicación geográfica de las especies invasoras presentes en la entidad y que están causando problemas. Por otro lado, también deben incrementarse los esfuerzos para controlar y, de ser posible, erradicar las especies exóticas que ya están causando estragos en el estado. Es importante que la toma de decisiones para la introducción de nuevas especies, ya sea con fines agropecuarios, ornamentales o para producción de biocombustibles se base en el principio precautorio (Cafferatta 2004); es decir, se debe realizar una revisión cuidadosa de la especie en cuestión, tomando como referencia su impacto en otras regiones del mundo, así como su potencial invasivo de acuerdo con su historia de vida.

Dada la magnitud del problema de las especies invasoras, el plan de manejo para minimizar su impacto debe contemplar varias etapas, dependiendo de la especie en cuestión. Como se mencionó antes, las pérdidas económicas millonarias causadas por estas especies, aunadas al cuantioso gasto destinado a su control, dejan manifiesto que lo más importante será invertir en la prevención.

Cuando una especie ya está establecida pero sus poblaciones son pequeñas, los esfuerzos deberían enfocarse a la erradicación, y sólo cuando una especie exótica tiene poblaciones grandes y ampliamente distribuidas, entonces se hablaría de medidas de mitigación, porque la erradicación es prácticamente imposible.

REFERENCIAS

Aguirre-Muñoz, A., R.A. Mendoza, H. Arredondo *et al.* 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: *Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* J. Sarukhán (ed.). CONABIO, México, pp. 277-318.

Arriaga, L. y A.E. Castellanos. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology* 18:1504-1514.

Cafferatta, N. 2004. El principio precautorio. *Gaceta Ecológica* 73:5-21.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.

——. 2014. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. CONABIO. En: <*http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras*>, última consulta: 17 de octubre de 2018.

Escutia-Lara, Y., S. Lara-Cabrera, M. Gómez-Romero y R. Lindig-Cisneros. 2012. Common reed (*Phragmites australis* Cav. Trin ex. Steud.) harvest as a control method in a Neotropical wetland in Western México. *Hidrobiológica* 22:125-131.

Espinosa-García, F.J. 2003. La amenaza de las plantas exóticas invasoras. En: *Memoria del seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus*. J. López Osorio, M. Revuelta Arreola y B. Villa Castillo (eds.). Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, Morelia, pp. 25-38.

——. 2009. Invasive weeds in Mexico: overview of awareness, management and legal aspects. En: *Proceedings of the weeds across borders 2008. Conference*. S.J. Darbyshire y R. Prasad (eds.). Banff, Alberta. Alberta Invasive Plants Council, Canadá, pp. 17-29.

Espinosa-García, F.J. y H. Vibrans. 2009. The need of a national weed management strategy in Mexico. Invasive plants on the move. Controlling them in North America. En: *Invasive plants on the move controlling them in North America*. T. van Devender, F.J. Espinosa-García, B.L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, Arizona, pp. 23-32.

García, J.A. 2010. *Prevalencia de varroasis en los apiarios del estado de Michoacán*. Tesis de licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia. UMSNH, Morelia.

GISP. Global Invasive Species Database. 2013. En: <*http://www.issg.org/database/welcome/*>, útima consulta: 1 de agosto del 2014.

Huerto Delgadillo, R.I. y A. Amador García. 2011. Evaluación y análisis de la vegetación acuática y bases para su control. En: *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro. Aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. R.I. Huerto Delgadillo, S. Vargas Velázquez y C.F. Ortiz Paniagua (eds.). IMTA-Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)/UMSNH, México, pp. 49-86.

Ibarra-Flores, F.A., M.H. Martín-Rivera, F.G. Denogean-Ballesteros y R.A. Aguirre-Murrieta. 2009. Buffel grass, cattle and the Sonoran desert. En: *Invasive plants on the move controlling them in North America*. T. van Devender, F.J. Espinosa-García, B.L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, Arizona, pp. 375-382.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2003. Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social. Cuaderno núm. 20, México.

Kowarik, I. 1995. Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. En: *Plant invasions. general aspects and special problems*. P. Pysek, K. Prach, M. Rejmanek y M. Wade (eds.). SPB Academic Publishers, Holanda, pp. 15-38.

Mack R., N., D. Simberloff, W.M. Lonsdale *et al.* 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology and control. *Ecological Applications* 10:689-710.

Martínez-Jiménez, M. y M.A. Gómez-Balandra. 2007. Integrated control of waterhyacinth in Mexico by using insects and plant pathogens. *Crop Protection* 26:1234-1238.

Mendoza, R. y P. Koleff (coords.). 2014. *Especies acuáticas invasoras en México*. CONABIO, México.

Meyerson, L.A., A.M. Lambert y K. Saltonstall. 2010. A tale of three lineages: expansion of common reed (*Phragmites australis*) in the U.S. Southwest and Gulf Coast. *Invasive Plant Science and Management* 3:515-520.

Miranda-Salcedo, M.A. y J.I. López-Arroyo. 2010. *Manejo del psílido asiático de los cítricos Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Michoacán*. VI Simposio Internacional Citrícola, Colima.

Pérez-Panduro, A. 1998. Primera experiencia exitosa de control biológico de lirio acuático en México. *El Entomófago* 8:3-4.

Pimentel, D., R. Zuniga y D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52:273-288.

Rejmánek, M. 1989. Invasibility of plant communities. En: *Biological invasions: a global perspective*. J.A. Drake, H.A. Mooney, F. di Castri *et al.* (eds.). John Wiley & Sons, Nueva York, pp. 369-388.

Ridley C., E. y N.C. Ellstrand. 2009. Evolution of enhanced reproduction in the hybrid-derived invasive, California wild radish (*Raphanus sativus*). *Biological Invasions* 11:2251-2264.

Rodríguez-Palomera, M., J. Cambero-Campos, A. Robles-Bermúdez, C. Carvajal-Cazola y O. Estrada-Virgen. 2012. Natural enemies associated to *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in *Citrus latifolia* Tanaka, in the state of Nayarit, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 28(3): 625-629.

Rubín-Aguirre, A., C. Sáenz-Romero, R. Lindig-Cisneros *et al.* 2015. Bark beetle pests in an altitudinal gradient of a Mexican managed forest. *Forest Ecology and Management* 343:73-79.

Sala, A., S.D. Smith y D.A. Devitt. 1996. Water use by *Tamarix ramosissima* and associated phreatophytes in a mojave desert floodplain. *Ecological Applications* 6(3):888-898

Sala O., E., F.S. Chapin, J.J. Armesto *et al.* 2000. Biodiversity. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459):1770-1774.

Secretaría de Salud. 2012. Dirección General de Epidemiología. En: <*http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/dgae/panodengue/intd_dengue.html*>, última consulta: 1 de agosto del 2014.

Steed, B. y B. Willhite. 2011. Diagnóstico y evaluación de ataques de plagas, enfermedades y salud forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Reporte para la CONANP, México.

Vitousek, P., C.M. D´Antonio, L.L. Loope *et al.* 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21(1):1-16.

Williams, D. y A. Liebhold. 2002. Climate change and the outbreak ranges of two North American bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 4(2):87-99.

Williamson, M. 1996. *Biological invasions*. Chapman and Hall, Londres.

Zavaleta E., S. 2000. The economic value of controlling an invasive shrub. *Ambio* 29:462-467.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Peces introducidos: amenaza potencial para la diversidad de peces nativos

JUAN PABLO RAMÍREZ HERREJÓN

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la distribución y biología de las especies introducidas son escasos, lo que dificulta tener un panorama preciso de los efectos de este tipo de especies sobre los ecosistemas acuáticos; sin embargo, organismos internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las consideran una de las principales amenazas a la fauna nativa (Lowe *et al.* 2004; figura 1). Se ha estudiado que este tipo de organismos, al ser introducidos, se integran a un ecosistema donde no tienen depredadores, utilizan la mayoría de los recursos (incluyendo peces) para alimentarse y desplazan a los peces nativos de sus sitios de reproducción (Lockwood *et al.* 2007).

De manera general, aun cuando la intención ha sido mejorar la calidad de vida de las personas, la introducción de especies puede resultar en la pérdida de biodiversidad, destrucción del hábitat y alteración de la función de los ecosistemas acuáticos (Zambrano *et al.* 1999). Así, se modifican los servicios ecosistémicos que los manantiales, ríos, lagos y lagunas ofrecen a la sociedad, por lo que se debe analizar el beneficio social contra el costo ambiental de la introducción de especies.

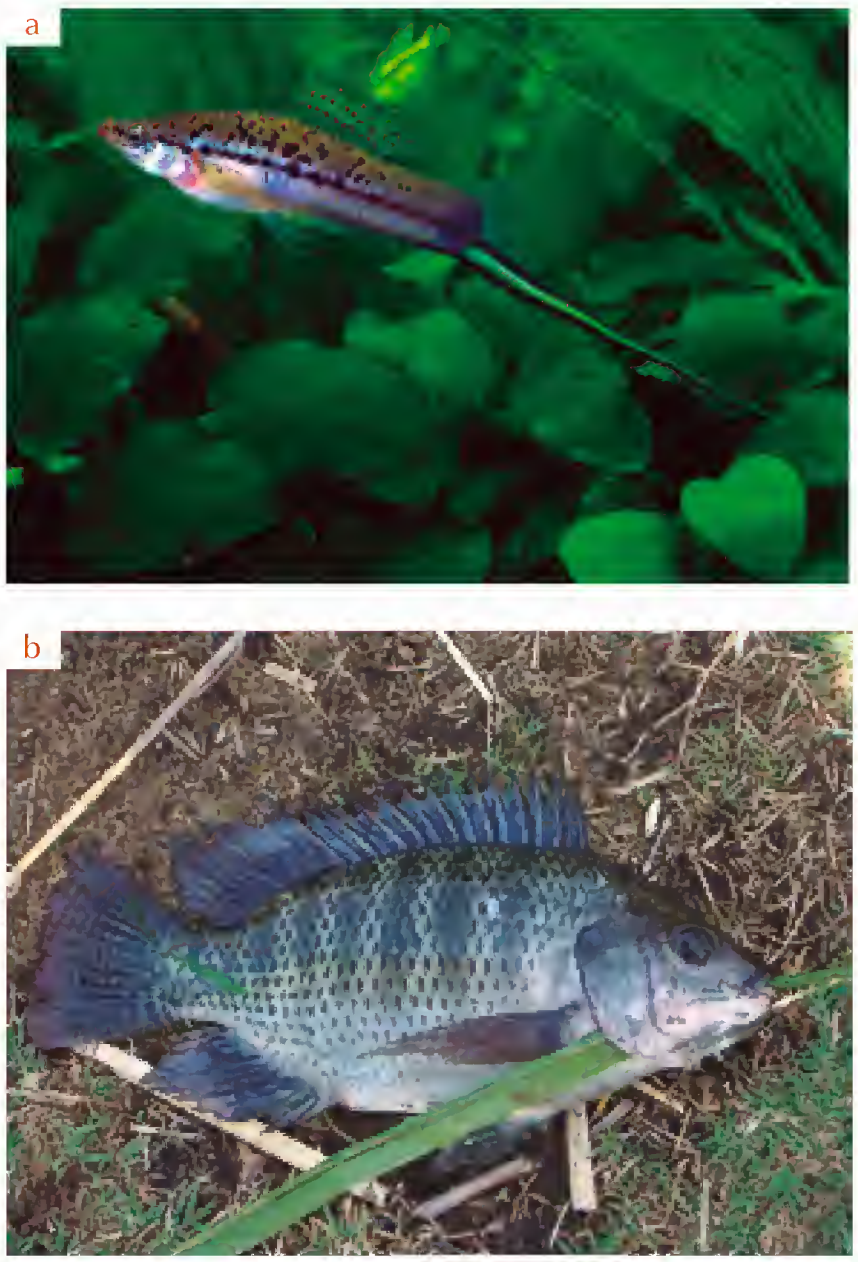


FIGURA 1. Dos especies introducidas que conviven con especies nativas en los cuerpos de agua michoacanos: a) cola de espada (*Xiphophorus helleri*), b) tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Fotos: Juan Carlos Merino (a) y Martina Medina-Nava (b).

DIVERSIDAD

En Michoacán se reportan 26 especies introducidas, de las cuales cinco son traslocadas (especies desplazadas activa o pasivamente dentro de su área de distribución en Michoacán), cinco invasoras (con capacidad de colonizar, persistir y dispersarse causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana) y 21 exóticas (especies desplazadas activa o pasivamente fuera de su área de distribución, es decir, provienen de un estado distinto a Michoacán). En el cuadro 1 se presenta un listado de las especies de peces que han sido introducidas en Michoacán y se describen de forma concreta los efectos potenciales que causan sobre la biodiversidad.

DISTRIBUCIÓN

En relación a las provincias biogeográficas del estado (Llanura Costera, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Sistema Volcánico Transversal y Altiplanicie) utilizadas para el grupo de peces, el Alto, Bajo y Medio Lerma y la Depresión del Balsas cuentan con 14 especies introducidas cada una (cuadro 1; figuras 2 a 4).

Ramírez-Herrejón, J.P. 2019. Peces introducidos: amenaza potencial para la diversidad de peces nativos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 307-313.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Características generales de los peces introducidos y la amenaza que representan para la biodiversidad.

Especie	Origen	Amenaza para la biodiversidad	Regiones donde ha sido introducida
Carpa común *Cyprinus carpio* (figura 6) Exótica, invasora[3,4,12]	Eurasia[4]	Destrucción del hábitat (plantas acuáticas que sirven de nido o refugio para los peces juveniles). Incrementa la re-suspensión de sedimentos y disminuye la transparencia del agua	Llanura Costera, Alto, Bajo y Medio Lerma, lago de Pátzcuaro, lago de Cuitzeo, lago de Zirahuén, lago de Zacapu, lago de Chapala, Balsas, Coahuayana y Humedales de Cotija
Pez japonés *Carassius auratus* Exótica[4]	Asia central, China y Japón[4]	Competencia por alimento y altera las redes tróficas. Vector de parásitos	Lago de Cuitzeo, Alto y Medio Lerma, lagos de Zacapu y Cuitzeo
Carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* Exótica[4]	Asia: desde China hasta Siberia[4]	Alimentación de plantas acuáticas nativas y destruye el hábitat. Vector de parásitos	Llanura Costera, Alto, Bajo y Medio Lerma, Zacapu y Pátzcuaro
Carpa plateada *Hypophtalmichthys molitrix* Exótica[4]	Europa y Asia[4]	Competencia por el hábitat reproductivo. Potencial transmisor de enfermedades	Balsas
Bagre, pez gato *Ictalurus punctatus* Exótica[4,11]	Norteamérica: sur de Canadá, región central de Estados Unidos de América y norte de México[4]	Vector de parásitos.[10] Contaminación genética al hibridar con bagres nativos	Alto y Medio Lerma, Chapala, Balsas y Humedales de Cotija
Trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* Exótica, invasora[2,9]	Desde Alaska hasta Baja California en México[4,9]	Depredación de invertebrados y peces, altera las redes tróficas	Alto, Medio y Bajo Lerma, Cuitzeo, Balsas y Zirahuén
Guppy *Poecilia reticulata* Exótica[4]	Sudamérica: Venezuela, Trinidad, Barbados, Brasil y Guyanas[4]	Competencia con especies nativas por alimento y hábitat reproductivo. Potencial vector de enfermedades	Alto, Medio y Bajo Lerma, lago de Cuitzeo y Balsas
Molly *Poecilia mexicana* (figura 2) Exótica[4]	Norte y Centroamérica, desde México hasta Guatemala[9]	Competencia con especies nativas por alimento y hábitat reproductivo. Potencial vector de enfermedades	Alto, Medio y Bajo Lerma
Guppy silvestre *Poeciliopsis gracilis* (figura 3) Exótica[9]	Vertiente del Atlántico, desde Veracruz hasta Oaxaca[9]	Competencia con especies nativas por alimento y hábitat reproductivo. Potencial vector de enfermedades	Alto y Medio Lerma, Balsas
Cola de espada *Xiphophorus helleri* (figura 1) Exótica[4,9]	Norte y Centroamérica. En México desde Veracruz hasta Honduras[4,9]	Competencia con peces nativos de tallas similares, como goodeidos y otros poecílidos	Alto, Medio y Bajo Lerma, Zacapu, Cuitzeo, Balsas y Humedales de Cotija
Guatapote manchado *Pseudoxiphophorus bimaculata* (figura 4) Exótica[9]	México (desde Veracruz, hasta Yucatán), Belice, Honduras y Guatemala[9]	Competencia con peces nativos de tallas similares, como goodeidos y otros poecílidos	Alto y Bajo Lerma, Balsas y Zacapu
Platy *Xiphophorus maculatus* Exótica[4,9]	Belice y México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz)[9]	Competencia con peces nativos de tallas similares, como goodeidos y otros poecílidos	Alto y Medio Lerma

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Especie	Origen	Amenaza para la biodiversidad	Regiones donde ha sido introducida
Pez agalla azul *Lepomis macrochirus* Exótica[4]	Estados Unidos[4]	Depredación de peces nativos coloridos que prefieren aguas tranquilas como goodeidos y poecílidos	Bajo Lerma
Perca *Lepomis cyanellus* Exótica, invasora[4,9]	Estados Unidos de América y en la cuenca del río Bravo en México[9]	Depredación de invertebrados y peces nativos	Alto, Medio y Bajo Lerma
Lobina negra *Micropterus salmoides* (figura 5) Exótica, invasora[4]	Norteamérica, desde Alaska hasta Baja California, México[4,9]	Depredación de invertebrados y peces nativos.[4] Principalmente goodeidos, poecílidos y charales (*Chirostoma* spp.)	Alto, Medio y Bajo Lerma, Zacapu, Cuitzeo, Pátzcuaro, Chapala, Zirahuén, Humedales de Cotija
Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (figura 1b) Exótica[1,4]	África[4]	Potencial vector de parásitos. Competencia con peces nativos (*Goodea atripinnis,* por ejemplo) por alimento y hábitat reproductivo dada su territorialidad. Depredación de huevos de peces	Llanura Costera, Pátzcuaro, Cuitzeo, Chapala, Zacapu, Balsas, Coahuayana y Humedales de Cotija
Tilapia azul *Oreochromis aureus* Exótica[4]	África y Eurasia[4]	Potencial vector de parásitos. Competencia con peces nativos por alimento y hábitat reproductivo dada su territorialidad. Depredación de huevos de peces	Llanura Costera, Bajo Lerma, Balsas y Pátzcuaro
Tilapia roja *Oreochromis mossambicus* Exótica[4]	África[4]	Potencial vector de parásitos. Competencia con peces nativos por alimento y hábitat reproductivo dada su territorialidad. Depredación de huevos de peces	Alto, Medio y Bajo Lerma, Balsas
Mojarra herbívora *Tilapia rendalli* Exótica[4]	África[4]	Potencial vector de parásitos. Competencia con peces nativos por alimento y hábitat reproductivo dada su territorialidad. Puede depredar huevos de peces	Alto, Medio y Bajo Lerma, Balsas y Pátzcuaro
Cíclido convicto *Amatitlania nigrofasciata* Exótica[4]	Centroamérica: El Salvador, Honduras y Guatemala	Tiene la capacidad de alcanzar altas densidades (ind/m^2), por lo que compite por hábitat reproductivo y por alimento con peces nativos	Río Balsas
Pez diablo, bagre armado *Pterygoplichthys disjunctivus* Exótica, invasora[13]	Sudamérica[4]	Causa mortalidad de depredadores como aves y peces grandes Destruye el hábitat reproductivo de peces nativos[8]	Llanura Costera, Balsas y Coahuayana
Acumara *Algansea lacustris* Traslocada[14]	Pátzcuaro	Competencia por alimento	Zacapu y Balsas
Charal de Xochimilco, charal de aleta corta *Chirostoma humboldtianum* Traslocada[9]	Región central de México[9]	Hibridación y competencia por alimento con especies nativas del mismo género	Pátzcuaro y Balsas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Especie	Origen	Amenaza para la biodiversidad	Regiones donde ha sido introducida
Molly *Poecilia sphenops* Traslocada[14]	Vertiente del Atlántico mexicano	Competencia con especies nativas por alimento y hábitat reproductivo. Potencial vector de enfermedades	Bajo Lerma
Guatapote del Lerma *Poeciliopsis infans* Traslocada[6]	Jalisco y Michoacán	Competencia con especies nativas por alimento y hábitat reproductivo. Potencial vector de enfermedades[5]	Lago de Pátzcuaro
Pescado blanco *Chirostoma estor* Traslocada[14]	Lago de Pátzcuaro	Hibridación y competencia por alimento con especies nativas del mismo género	Chapala y Balsas

Exótica: especies desplazadas, activa o pasivamente, fuera de su área de distribución (proviene de un estado distinto a Michoacán); Traslocada: especies desplazadas, activa o pasivamente, dentro de su área de distribución (dentro del estado de Michoacán); Invasora: con capacidad de colonizar, persistir y dispersarse causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana.
Fuente: [1]El-Sayed 2006, [2]Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia 2003, [3]CONABIO 2006, [4]Fish Base 2012, [5]Galindo-Villegas y Sosa-Lima 2002, [6]Lyons 2012, [7]Lyons *et al.* 1995, [8]Marenco-Cortés 2010, [9]Miller *et al.* 2009, [10]Pérez-Ponce de León y Choudhury 2002, [11]Riehl y Baensch 1991, [12]Rosas 1976, [13]Sandoval-Huerta *et al.* 2012, [14]Base de datos de la colección ictiológica de la Facultad de Biología, UMSNH.

FIGURA 2. Machos de Molly mexicano (*Poecilia mexicana*), especie introducida en el Alto, Bajo y Medio Lerma. Foto: Juan Carlos Merino.

FIGURA 3. Guppy (*Poeciliopsis gracilis*), especie introducida debido a su uso como forraje para especies de granja. Foto: Juan Carlos Merino.

FIGURA 4. Guatapote manchado (*Pseudoxiphophorus bimaculata*), especie muy agresiva que ha sido introducida al Alto y Bajo Lerma y río Balsas; es una de las posibles causas de desaparición de *Notropis marhabatiensis*. Foto: Juan Carlos Merino.

A nivel de localidades de colecta, los ecosistemas lénticos presentan la mayor cantidad de especies introducidas, por lo que se sugiere que los lagos de Pátzcuaro, de Zirahuén, de Camécuaro y de Cuitzeo, la laguna de Zacapu y el resto de sistemas lénticos, requieren mayor atención sobre los efectos que las especies introducidas podrían estar ejerciendo en ellos y en las comunidades biológicas que los habitan. Mientras que en la región del Balsas los ecosistemas lóticos son los que albergan la mayor cantidad de especies de peces introducidos, aunque cabe mencionar que en esta región los estudios relacionados con la ictiofauna son escasos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

LA PROBLEMÁTICA

La introducción intencional de especies de peces exóticos ha sido una práctica común en el estado de Michoacán, generalmente este tipo de acciones no son registradas y se deben sobre todo a tres factores.

El primero se relaciona con los peces de acuario que son utilizados como mascotas y cuando los dueños deciden dejar de cuidarlos entonces los liberan en los ríos, lagos o manantiales.

El segundo factor se relaciona con las actividades pesqueras: por un lado, cuando los pobladores aledaños a ríos o lagos consideran que las especies nativas no son fuente de alimento suficiente deciden introducir peces más grandes y más fáciles de capturar, o bien, el gobierno decide introducir una especie exótica para satisfacer alguna demanda; por otro lado, en cuerpos de agua como las presas se han introducido especies de peces exóticos como la lobina negra (*Micropterus salmoides*; figura 5) o la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), para fomentar actividades recreativas y lucrativas, como la pesca deportiva.

El tercer factor de introducción de peces exóticos se relaciona con la práctica de la acuacultura, aunque algunas de las granjas de producción no cuentan con las medidas de seguridad necesarias para evitar que los peces escapen hacia cuerpos de agua naturales (Zambrano y Macías-García 2000).

Por ejemplo, uno de los casos más críticos relacionado con el impacto que pueden provocar las especies introducidas se refiere al lago de Camécuaro (ubicado en el municipio de Tangancícuaro). En este lago, la lobina negra fue introducida en la década de los sesenta para fomentar la pesca deportiva (Guzmán-Arroyo *et al.* 1978), pero esta especie ha depredado casi en su totalidad a peces endémicos de la familia Poecilidae y Goodeidae (Moncayo-Estrada *et al.* 2014). De la misma forma, en el lago de Zirahuén, la lobina negra ha depredado por más de 40 años a las poblaciones de peces de esta última familia, lo cual ha causado su extirpación (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006).

Otro caso similar ocurrió durante la década de los setenta en el lago de Pátzcuaro, en donde se introdujeron especies no nativas. En 1974, durante la operación del Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA) se construyeron estanques para cultivar a la carpa común o carpa barrigona (*Cyprinus carpio*; figura 6). La carpa fue liberada en el lago de forma accidental en ese mismo año, lo que posiblemente trajo consigo efectos negativos sobre los peces nativos y sobre el ecosistema. Estos efectos se relacionan con la disminución de la transparencia y el aumento de la turbidez del agua causada por el comportamiento alimenticio béntico (es decir, que la especie se alimenta directamente sobre el fondo del lago) de la carpa (Zambrano *et al.* 1999, Ozbay 2008). Actualmente, la carpa común alcanza un escaso valor comercial para los pescadores de la ribera y, aunque algunos de ellos prefieren desecharla, para otros pescadores representa la pesquería de autoconsumo más importante.

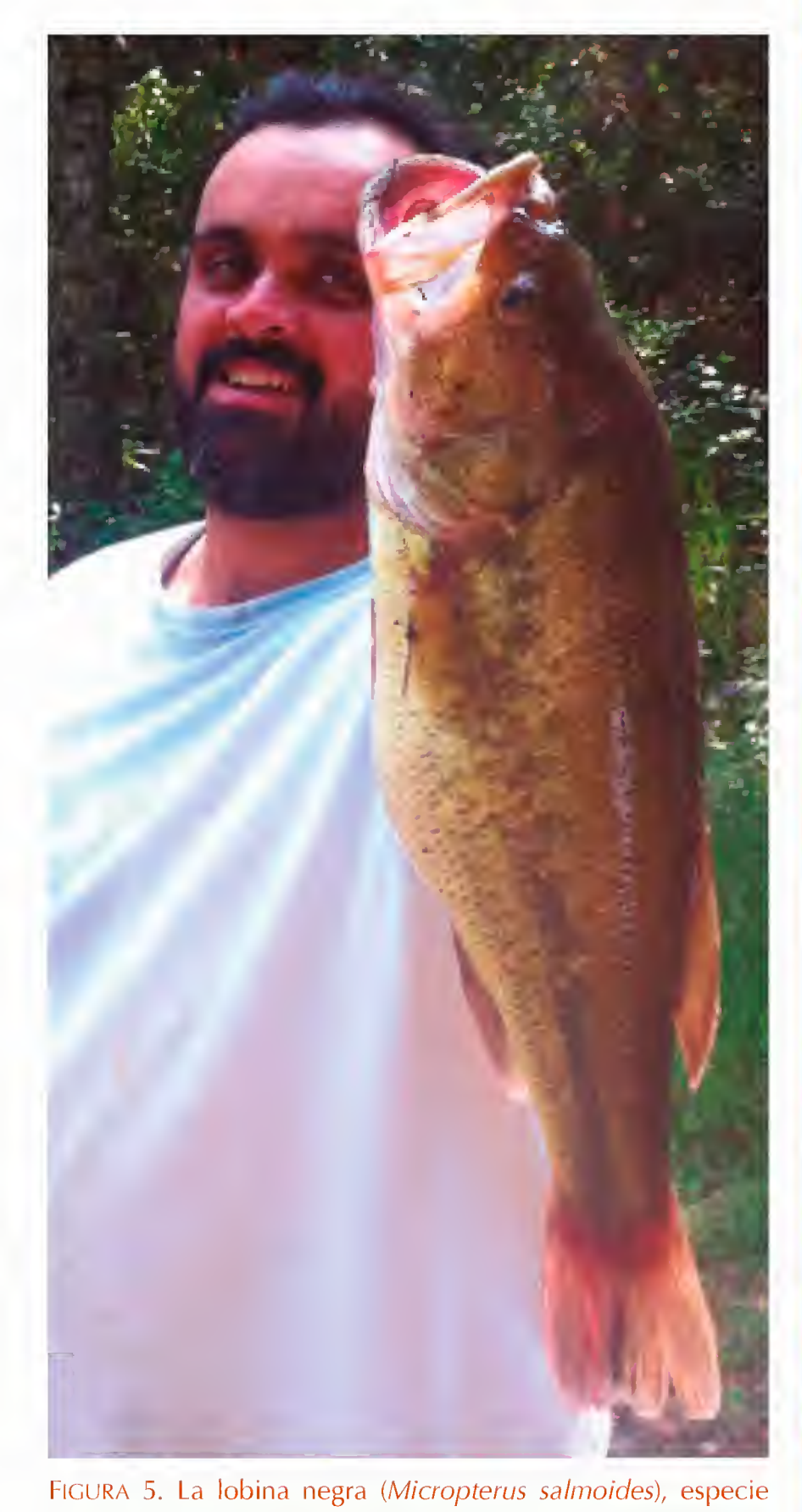


FIGURA 5. La lobina negra (*Micropterus salmoides*), especie exótica introducida y utilizada en la pesca deportiva. Foto: Daniel I. Manzur T.

Posteriormente, en la década de los ochenta se introdujo en el lago de Pátzcuaro la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) con el propósito de controlar el aumento exponencial de lirio (*Eichornia crassipes*), otra especie introducida que se había convertido en una maleza y que había causado serios problemas ecológicos en este ecosistema. Sin embargo, la carpa herbívora no se alimentó de lirio, sino de las plantas acuáticas nativas, como *Najas guadalupensis*, *Utricularia vulgaris* o *Potamogeton illinoensis* (Rosas 1976).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

Las principales consecuencias de la introducción de especies hacia la diversidad de especies nativas son: la depredación, la exclusión competitiva (desplazamiento), la contaminación genética por hibridación entre especies introducidas y nativas, la introducción de parásitos exóticos a los que las especies nativas no tienen capacidad de resistir, la alteración de las interacciones alimenticias entre las distintas especies de las comunidades de peces y, la destrucción parcial o total de los hábitats reproductivos de las especies nativas (como nidos o refugios para los peces juveniles), entre otras (Allendorf y Lundquist 2003, Lockwood *et al.* 2007).

Por lo anterior, es imperativo controlar la introducción de especies que no cuentan con estudios previos, así como hacer cumplir las leyes en la materia para prevenir, evitar y en su caso sancionar la introducción sin manejo.

En este sentido, para que la introducción de algún pez exótico pueda ser considerada una amenaza real para la biodiversidad, no sólo se deben tomar en cuenta las características propias de la especie, sino también las de los ecosistemas acuáticos, como: tipo, tamaño del cuerpo de agua, heterogeneidad del hábitat, impactos antrópicos, sinérgicos, etc. (Light y Marchetti 2006).

Para argumentar los impactos que pueden causar las especies introducidas es necesario generar información sobre su biología, ecología, distribución, abundancia, alimentación, reproducción, estructura poblacional y el estado de conservación de los ecosistemas que les albergan, para entonces diseñar estrategias adecuadas de manejo. Por ejemplo, en ecosistemas como el lago de Pátzcuaro, para el cual no se cuenta con la suficiente información ecológica y biológica, son necesarios estudios que apoyen acciones de rehabilitación y conservación. En ese caso particular podría argumentarse que la extracción de la carpa debería ser una acción de manejo prioritaria, ya que es considerada una de las especies que causan mayores problemas sobre la biodiversidad de lagos someros, a nivel global (Miller y Crowl 2006).

Sin embargo, la degradación ambiental del lago es tan alarmante que la pesquería de sus especies nativas ha declinado y, en tiempos recientes, la pesquería de la carpa representa un modo de subsistencia para las

FIGURA 6. Hembras de carpa común (*Cyprinus carpio*) capturadas en el lago de Pátzcuaro. Foto: Valentín Mar Silva.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

comunidades más marginadas que habitan alrededor del lago (Ramírez-Herrejón 2013). En ese sentido, la evaluación y regulación de la pesquería de la carpa podría representar una alternativa de manejo más adecuada.

REFERENCIAS

Allendorf, F.W. y L.L. Lundquist. 2003. Introduction: population biology, evolution, and control of invasive species. *Conservation Biology* 17(1):24-30.

Arredondo-Figueroa, J.L. y D.S. Lozano-Gracia. 2003. *La acuicultura en México.* Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa, México.

Base de datos de la Colección Ictiológica de la Facultad de Biología-UMSNH, última consulta: 10 de octubre de 2013.

CONABIO. 2006. Especies invasoras. En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/especies.html>*, última consulta: 17 de octubre de 2013.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano y G. Pérez-Ponce de León. 2006. Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: live-bearing fishes in Central Mexico. *Conservation Biology* 20(6):1730-1739.

El-Sayed, A.F.M. 2006. *Tilapia culture.* CABI Publishing, Wallingford. Oxfordshire, Reino Unido.

FISHBASE. 2012. Peces introducidos. En: *<http://www.fishbase.org>*, última consulta: 17 de octubre de 2013.

Galindo-Villegas, J. y E. Sosa-Lima. 2002. Gonopodial system review and a new fish record of *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) for Lake Patzcuaro, Michoacán, Central Mexico. *Revista de Biología Tropical* 50:1151-1157.

Guzmán-Arroyo, M., J.L. Rojas-Galaviz y F. Vera-Herrera. 1978. Crecimiento y aspectos poblacionales de la lobina negra (*Micropterus salmoides* Lacépéde) en el lago de Camécuaro, Michoacán (Pisces: Centrarchidae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 1:1-25.

Light, T. y M.P. Marchetti. 2006. Distinguishing between invasions and habitat changes as drivers of diversity loss among California's freshwater fishes. *Conservation Biology* 21:434-446.

Lockwood, J.L., M.F. Hoopes y M.P. Marchetti. 2007. *Invasion ecology.* Wiley-Blackwell, Malden.

Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the Global Invasive Species Database.* The Invasive Species Specialist Group (ISSG)/Species Survival Commission (SSC)/World Conservation Union (UICN). En: *<http://www.issg.org/database/species/reference_files/100English.pdf>*, última consulta: 10 de octubre de 2013.

Lyons, J., S. Navarro-Pérez, A.P. Cochran *et al.* 1995. Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in West-Central México. *Conservation Biology* 3:569-584.

Lyons, J. 2012. Programa de investigación en pesquerías y ciencias acuáticas, Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin, EUA. Comunicación personal, septiembre.

Marenco-Cortés, Y. 2010. El pez diablo: una especie exótica invasora. *Biocenosis* 23:16-19.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México.* CONABIO/Sociedad Ictiológica Mexicana/ECOSUR/Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos, México.

Miller, S.A. y T.A. Crowl. 2006. Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on macrophytes and invertebrate communities in a shallow lake. *Freshwater Biology* 51:85-94.

Moncayo-Estrada, R., J. Lyons, J.P. Ramírez-Herrejón *et al.* 2014. Status and trends of the biotic integrity in a tropical river drainage, analysis of the fish assemblage in two decades period. *River Research and Applications*: publicación en línea.

Ozbay, H. 2008. An enclosure experiment to test the effects of common carp on the water quality in a shallow Turkish soda lake. *Fresenius Environmental Bulleting* 17:2078-2082.

Pérez-Ponce de León, G. y A. Choudhury. 2002. Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comparative Parasitology* 69:10-19.

Ramírez-Herrejón, J.P. 2013. *Ecología trófica de Cyprinus carpio y su relación con la estructura comunitaria de peces del lago de Pátzcuaro, Michoacán.* Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, BCS.

Riehl, R. y H.A. Baensch. 1991. *Aquarien Atlas.* Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Alemania.

Rosas M., M. 1976. Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con énfasis en la alimentación de sus especies. En: *Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales*, Chiapas.

Sandoval-Huerta, E.R., X. Madrigal-Guridi, A. García-Meraz *et al.* 2012. Nuevo registro de *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: Loricariidae) en la desembocadura del río Coahuayana, Coahuayana, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:294-297.

Zambrano, L., M.R. Perrow, C. Macías-García y V. Aguirre-Hidalgo. 1999. Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 6:281-288.

Zambrano, L. y C. Macías-García. 2000. Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems. En: *Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology and impacts.* Claudi R. y J.H. Leach (eds.). Lewis Publishers, EUA, pp. 113-124.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Peces diablo: una amenaza en los cuerpos de agua michoacanos

ROBERTO EDUARDO MENDOZA ALFARO

INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Loricariidae (sobre todo las especies pertenecientes al género *Pterygoplichthys*), conocidos como plecos, peces diablo o limpia peceras, constituyen una de las amenazas más serias a los ecosistemas acuáticos del mundo (figura 1; Nico *et al.* 2012). Estos peces son originarios de Centro y Sudamérica, y numerosas poblaciones de estas especies se han establecido fuera de su rango nativo en los últimos años.

Las vías de introducción son múltiples, la más frecuente es el escape al medio silvestre desde las unidades de producción acuícola o desde las instalaciones que utilizan los importadores comerciales, así como la liberación por coleccionistas, aficionados a los acuarios y pescadores. No obstante, la industria de peces ornamentales es la más importante, ya que los loricáridos representan 5% de los más de 10 millones de peces importados cada año a México (Ramírez *et al.* 2010). La escasa aplicación de las normas de manejo seguro es la principal causa de los escapes no intencionales de las granjas acuícolas.

SITUACIÓN EN MICHOACÁN

En México, el primer ejemplar se detectó en el río Mezcala (cuenca del Balsas) en 1995 (Guzmán y Barragán 1997). Para 2003 se reportaron diferentes invasiones de plecos en el río Usumacinta, en la presa Infiernillo y en el río Balsas (Escalera 2006); durante los últimos años, la invasión de plecos en la mayor parte del país ha sido alarmante (Wakida-Kusunoki *et al.* 2007).

Un ejemplo de los estragos causados por estos peces es la devastación de la que fuera objeto la pesquería de agua dulce más importante de México, la de tilapia, una especie exótica introducida en la presa Infiernillo, ubicada en los límites entre Michoacán y Guerrero. En su apogeo llegó a ser el embalse más productivo de América Latina, ya que se registraron producciones de 20 mil toneladas al año, dando sustento a más de 3 600 pescadores (Mendoza *et al.* 2009). El manejo inadecuado de la pesquería –incluida la captura de juveniles y la sobrepesca–, la contaminación y la incapacidad para regular y aplicar restricciones respecto a las temporadas y los lugares de pesca, tuvieron como consecuencia disminuciones sustanciales en las poblaciones de tilapia. La pesquería de tilapia se vio aún más afectada cuando en 1998 se introdujeron de forma accidental los loricáridos en el ecosistema de la presa (Mendoza *et al.* 2009). En tiempos recientes, 70 u 80% de la captura de tilapia ha sido sustituida por plecos de diferentes especies y algunos probables híbridos, lo que ha significado pérdidas por un monto aproximado de 36 millones de pesos al año; a lo que se suma un costo social importante al dejar desempleados a la mayor parte de los pescadores, que con sus familias incluyen varios miles de personas (Escalera 2006).

Hasta 2013 en el estado se reportaban poblaciones de loricáridos en diversos cuerpos de agua de la región, dentro de los que destacan La Huacana (Nuevo Centro), Churumuco (La Obra), Múgica y Arteaga (Pinzandarán; Rueda-Jasso *et al.* 2013).

CARACTERÍSTICAS DE LOS PECES Y SUS PRINCIPALES IMPACTOS

Su potencial invasivo está basado en diversas características biológicas (reproducción precoz y alta tasa de reproducción), de comportamiento de anidación y cuidado parental, que en conjunto con sus hábitos nocturnos los hacen imperceptibles. Son territoriales y pueden ser agresivos. El desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas explica en gran medida la ausencia de depredadores. Su crecimiento es rápido y la mayor parte de las especies puede alcanzar 50 cm (ocasionalmente hasta 70 cm).

Ecológicamente son muy adaptables, son tolerantes a la salinidad (Hoover *et al.* 2007) y son capaces de respirar aire atmosférico (Armbruster 1998), por lo que pueden resistir la desecación durante varios días, además de estar adaptados para nadar en corrientes muy rápidas (Hoover *et al.* 2004). Pueden desplazar a las especies endémicas al ingerir sus huevos o competir por algas y *detritus* (Cohen 2008). Por otra parte, sus hábitos alimenticios resultan en la resuspensión del sedimento y en cambios en el tamaño del sustrato. Al desplazarse en grandes cardúmenes dañan la vege-

Mendoza Alfaro, R. 2019. Peces diablo: una amenaza en los cuerpos de agua michoacanos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 315-317.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Pez diablo del género *Pterygoplichthys* extraído de la presa Infiernillo. Foto: Roberto Mendoza.

tación nativa, utilizada como fuente de alimento, sitio de anidación o de refugio de especies endémicas (Hoover *et al.* 2004).

Se ha demostrado que cambian los ciclos biogeoquímicos del agua al secuestrar grandes cantidades de fósforo (Capps *et al.* 2009). Al anidar en grandes colonias desplazan enormes cantidades de sedimento, ya que cavan galerías de hasta 1.5 m de profundidad, aumentando la erosión de las riberas, incrementando la turbidez y disminuyendo la calidad del agua (Nico *et al.* 2009). Los individuos grandes resultan atractivos para algunas aves, pero debido a su reacción defensiva con las espinas dorsales terminan dañándolas (Bunkley-Williams *et al.* 1994).

CONCLUSIONES

La invasión de estos peces requiere acciones inmediatas ya que el problema que representan es muy complejo, porque existen varias especies (sobre todo del género *Pterygoplichthys*) cuya identificación taxonómica es confusa (Mendoza *et al.* 2007), y también porque no se conocen los factores ambientales limitantes para su supervivencia, aunque se ha sugerido que las temperaturas invernales y el tipo de sustrato son importantes (Gestring *et al.* 2006).

Al no tener valor económico en su etapa adulta se han emprendido esfuerzos para que se consuman como alimento (Martínez *et al.* 2010) y también se han tratado de desarrollar subproductos con valor agregado, como la harina de pescado (Escalera 2013), utilizada como fertilizante en la producción de calabacita (Monares 2009) y como ingrediente en el alimento de la tilapia (Arrollo 2008). Desafortunadamente, hasta el momento no ha sido posible controlar las diversas poblaciones en Michoacán y en la mayor parte del país, por lo que en los últimos años los loricáridos siguen constituyendo una importante amenaza para la ya frágil pesquería de la tilapia. Los posibles efectos económicos negativos incluyen pérdidas en los ingresos directos derivados de la pesca y también en las industrias de procesamiento y comercialización del pescado.

De lo anterior se deriva la necesidad de contar con sistemas de bioseguridad eficaces en las granjas de producción de peces de ornato, la utilización de medidas preventivas como el análisis de peligros y puntos críticos de control para especies exóticas, realizar aná-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

lisis de riesgo para las especies exóticas que se pretendan introducir en la región y desarrollar el cultivo de las especies nativas con miras a su repoblación.

REFERENCIAS

Armbruster, J.W. 1998. Modifications of the digestive tract for holding air in Loricariid and Scoloplacid catfishes. *Copeia* 3:663-675.

Arrollo, M. 2008. *Aprovechamiento de la harina de Plecostomus spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (Oreochromis niloticus).* Tesis de maestría en producción agrícola sustentable. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán, Jiquilpan.

Bunkley-Williams, L., E.H. Williams Jr., C.G. Lilystrom *et al.* 1994. The South American Sailfin Armored Catfish, *Liposarcus multiradiatus* (Hancock), a new exotic established in Puerto Rican fresh waters. *Caribbean Journal of Science* 30(1-2):90-94.

Capps, K.A., A.S. Flecker y R. Rodiles-Hernández. 2009. *Exotic fishes alter nutrient dynamics in tropical streams.* 94th ESA Annual Meeting (August 2-7, 2009) Alburquerque Convention Center, Nuevo México.

Cohen, K.L. 2008. *Gut content and stable isotope analysis of exotic Suckermouth Catfishes (Hypostomus) in the San Marcos, TX: a Concern for Spring Endemics?* MSc Dissertation. Texas State University, San Marcos.

Gestring, K.B., P.L. Shafland y M.S. Stanford. 2006. *The status of Loricariid catfishes in Florida with emphasis on Orinoco Sailfin (Pterygoplichthys multiradiatus).* Abstracts for the 26th Annual Meeting of the Florida Chapter American Fisheries Society, EUA.

Guzmán, A.F. y J. Barragán. 1997. Presencia de bagre sudamericano (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana* 3:1-4.

Escalera, C. 2013. Alimenta IPN a la industria pesquera. En: *<http://www.inforural.com.mx/alimenta-ipn-a-la-industria-pesquera/>*, última consulta: 28 de agosto de 2014.

——. 2006. Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN Unidad Michoacán). Comunicación personal.

Hoover, J.J., K.J. Killgore y A.F. Cofrancesco. 2004. Suckermouth catfishes: threats to aquatic ecosystems of the United States? *Aquatic Nuisance Species Research Programm Bulletin* 04(1):1-9.

Hoover, J.J., C.E. Murphy y J. Killgore. 2007. *Environmental impacts of suckermouth catfishes (Loricariidae) in North America: a conceptual model.* Draft report from Jan Hoover, Fishery Biologist with the US Army Engineering Research and Development Center.

Martínez, C., E.C.M. Palacios, M.C. Aguilar y M.G. Ríos. 2010. *Nutrición con sabor: delicias del pez diablo.* UMSNH, México.

Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez *et al.* 2007. Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:2-5.

Mendoza R., B. Coudmore, R. Orr *et al.* 2009. *Trinational risk assessment guidelines for aquatic invasive species: test cases for Snakeheads (Channidae) and Armored Catfishes (Loricariidae).* Commission for Environmental Cooperation, Canadá.

Monares, I. 2009. *Tamaños de partícula y tiempos de aplicación de la harina de pescado (Plecostomus spp.) en la producción de calabacita.* Tesis de maestría en producción agrícola sustentable. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán, Jiquilpan.

Nico, L.G., H.L. Jelks y T. Tuten. 2009. Non-native suckermouth armored catfishes in Florida: description of nest burrows and burrow colonies with assessment of shoreline conditions. *Aquatic Nuisance Species Research Programm Bulletin* 09(1):1-30.

Nico, L.G., P.L. Butt, G.R. Johnston *et al.* 2012. Discovery of South American suckermouth armored catfishes (Loricariidae: *Pterygoplichthys* spp.) in the Santa Fe River drainage, Suwannee River basin, EUA. *BioInvasions Records* 1:179-200.

Ramírez, C., R. Mendoza y C. Aguilera. 2010. *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de los peces de ornato en México.* INAPESCA/UANL, México.

Rueda-Jasso, R.A., A. Campos-Mendoza, F. Arreguín-Sánchez *et al.* 2013. The biological and reproductive parameters of the invasive catfish *Pterygoplichtys disjunctivus* from Adolfo López Mateos, El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:318-326.

Wakida-Kusunoki, A.T., R. Ruiz-Carus y E. Amador del Ángel. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52:141-144.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*): especie invasora de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo

ANTONIO CAMPOS MENDOZA Y REBECA ANELI RUEDA JASSO

INTRODUCCIÓN

Los bagres armados (*Pterygoplichthys disjunctivus*), mejor conocidos como peces diablo (figura 1), pertenecen a la familia Loricariidae originaria de la cuenca del Amazonas (Weber 1992, Page y Robins 2006). Actualmente, hay numerosos reportes de invasiones de bagres armados en Europa, Asia (Liang *et al.* 2005, 2006; Chávez *et al.* 2006, Ozdilek 2007, Keszka *et al.* 2008, Levin *et al.* 2008, Simonović *et al.* 2011), Oceanía (Capps 2008) y en diversas regiones del continente americano (Fuller *et al.* 1999, Capps 2008, Gibbs *et al.* 2008, Martínez-Palacios *et al.* 2010*a*, *b*), incluyendo México (Guzmán y Barragán 1997, Mendoza *et al.* 2007, Okolodkov *et al.* 2007, Wakida-Kusunoki *et al.* 2007, Wakida-Kusunoki y Amador-del-Ángel 2008, 2011; Capps *et al.* 2011). No obstante, se desconoce con exactitud cómo y cuándo llegaron a estos nuevos hábitats.

En Michoacán, registros recientes han reportado su presencia en el río Del Marqués y el río Grande de Tepalcatepec, dentro de la región de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, que corresponde a la región hidrológica Costa Michoacán (provincia fisiográfica Depresión del Balsas-Tepalcatepec) e incluso en la desembocadura del río Coahuayana (en el municipio del mismo nombre), ubicada en la región hidrológica Armería-Coahuayana (provincia fisiográfica Llanura Costera; Sandoval-Huerta *et al.* 2012).

La Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo fue decretada en noviembre de 2007 con la finalidad de conservar la diversidad biológica de la zona (SEMARNAT 2007). Comprende los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, y tiene una extensión de 265 117 ha. Dentro de la reserva destaca la presencia del embalse El Infiernillo, en las zonas de amortiguamiento 1, 3 y 4, con una capacidad de 12 millones de m^3 de agua. El objetivo de la construcción de la presa fue el control de avenidas y la producción de energía eléctrica.

DESCRIPCIÓN

Los bagres armados se adaptan con facilidad a los hábitats que invaden, logrando establecerse y reproducirse sin mayor problema. Esto se debe a que cuentan con un sistema de protección corporal compuesto por escamas modificadas como placas óseas y espinas fuertes y largas, que en conjunto conforman una especie de armadura (Armbruster y Page 2006) de la cual se origina su nombre común. Los bagres armados son peces dulceacuícolas capaces de soportar salinidades de hasta 10 ppm (Capps *et al.* 2011). Además, presentan una tolerancia alta a bajos niveles de oxígeno, lo cual es resultado de una compleja vascularización en la región estomacal que les permite funcionar como un órgano respiratorio accesorio (Armbruster 1998).

FIGURA 1. Vista lateral del bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*): a) ejemplar de 27 cm de longitud total, b) ejemplar de 52 cm y 1.472 kg. Foto: Antonio Campos-Mendoza (a) y Rebeca Rueda-Jasso (b).

Campos-Mendoza, A. y R.A. Rueda-Jasso. 2019. El bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*): especie invasora de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 319-323.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asimismo, su forma de reproducción es otra característica que les ha permitido invadir exitosamente diversos cuerpos de agua, ya que presentan amplios ciclos reproductivos de hasta seis meses y desovan múltiples veces durante un solo ciclo (Tello *et al.* 1992), aunque el resto del año algunos peces se siguen reproduciendo (Gibbs *et al.* 2008, Rueda-Jasso *et al.* 2013). Para el caso del embalse El Infiernillo, la especie se reproduce durante los meses de mayo a septiembre, con un pico de reproducción en el mes de julio (Rueda-Jasso *et al.* 2013; figura 2). Adicionalmente, estos peces presentan un cuidado parental eficiente que incluye la construcción de galerías (nidos), en los cuales resguardan los huevos hasta la eclosión, lo que aumenta la supervivencia de la descendencia.

FIGURA 2. Disección de un ejemplar de bagre armado mostrando las gónadas que ocupan una gran parte de la cavidad abdominal. Foto: Antonio Campos-Mendoza.

PRINCIPALES AMENAZAS

El bagre armado (también conocido como pez diablo) ha ocasionado un fuerte problema social en las comunidades ribereñas del embalse El Infiernillo (en los municipios de La Huacana, Churumuco, Múgica y Arteaga). Este pez empezó a aparecer en la zona desde 2003, lo cual coincidió con la disminución de la habitual captura de tilapia (Mendoza *et al.* 2007) y fue por este motivo que los pescadores, aunque sin fundamento científico, lo catalogaron como el responsable de la reducción de esta pesquería.

Para explicar la aparición de estos peces en el embalse Infiernillo, se ha propuesto la hipótesis de que las granjas productoras de peces de ornato del estado de Morelos liberaron accidentalmente algunos ejemplares de esta especie al río Balsas (también conocido como río Mezcala), los cuales debido a sus características morfológicas y amplia tolerancia fueron capaces de sobrevivir y desplazarse en la cuenca del Balsas y llegar hasta el embalse El Infiernillo (Mendoza *et al.* 2007); dicha hipótesis no ha sido comprobada.

Los problemas asociados a la presencia del bagre armado han afectado de forma directa a los pescadores en esa zona, llevando al deterioro las artes de pesca. Normalmente, una red tiene una vida media de 18 meses, pero al quitar los bagres armados fuertemente atorados por sus pronunciadas espinas, las redes se rompen, entonces las redes se tienen que renovar cada cuatro meses, lo que representa un fuerte impacto a la economía de los pescadores. Además, estos peces también lastiman las manos de quienes realizan la pesca, ya que al quitarlos de las redes sufren laceraciones y heridas por las numerosas espinas que cubren el cuerpo del pez.

Las observaciones realizadas en la zona indican que muchos pescadores los consideran una plaga y la captura incidental la desechan dentro del embalse (peces muertos) o en las orillas, a cielo abierto (peces vivos), ocasionando focos de infección y propagación de plagas de roedores y moscas y, con ello, el deterioro ambiental de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Rueda-Jasso *et al.* 2013; figura 3).

Estas alteraciones, tanto a la calidad del agua como a las zonas aledañas, son modificaciones al hábitat de las especies que coexisten en el embalse. Asimismo, dado que los bagres armados construyen las galerías (nidos) en las riberas de los cauces, provocan cambios en la densidad y estructura del suelo, y un posible riesgo de colapso; cabe mencionar que esos efectos no han sido estudiados con detalle.

En cuanto a las afectaciones a otras especies, se ha observado que algunos pelícanos blancos (migratorios) al pescar y engullir a los bagres armados han presentado heridas y en algunos pocos casos han muerto, ya que los peces extienden sus aletas y las fuertes espinas rasgan el saco gular de los pelícanos.

En la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo se presume que el bagre armado ha afectado la diversidad de especies nativas, aunque se carece de datos publicados que lo confirmen; en otras regiones del país, como es el caso de Veracruz, existen datos que reportan el desplazamiento de las especies nativas debido a la invasión de los bagres armados (Cruz 2013).

OPORTUNIDADES DE APROVECHAMIENTO

Los resultados de diversas investigaciones en torno a esta problemática han aportado propuestas para el aprovechamiento del bagre armado (Martínez-Palacios *et al.* 2010*a*, *b*). Éstas incluyen el consumo directo, como una fuente importante de proteína animal, ya que al no presentar espinas intramusculares permite generar un trozo generoso de carne (figura 4). La carne del bagre armado tiene buena textura y un sabor suave que,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. a) Bagres armados capturados como pesca incidental en la pesquería de tilapia, b) arrojados a cielo abierto en los alrededores del embalse El Infiernillo. Fotos: Antonio Campos Mendoza.

a diferencia de otros peces, no refleja sus hábitos alimenticios raspadores con sabor a algas o humedad.

En países como Brasil, Colombia y Venezuela, los bagres armados son especies apreciadas por la calidad de su carne, cuentan con amplio mercado e incluso existen vedas que protegen sus poblaciones (Martínez-Palacios *et al.* 2010*a*, *b*). Lo anterior es de gran importancia, dado que en la región de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo existe un alto grado de desnutrición infantil, por lo que el aprovechamiento de este recurso podría hacer de esta especie una fuente de alimento para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona. Durante el estudio de esta especie se probaron diversas recetas y se evidenció la versatilidad de la carne del bagre armado, la cual combina fácilmente con diversos ingredientes (figura 5).

FIGURA 4. Filete de carne de bagre armado. Foto: Rebeca A. Rueda-Jasso.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

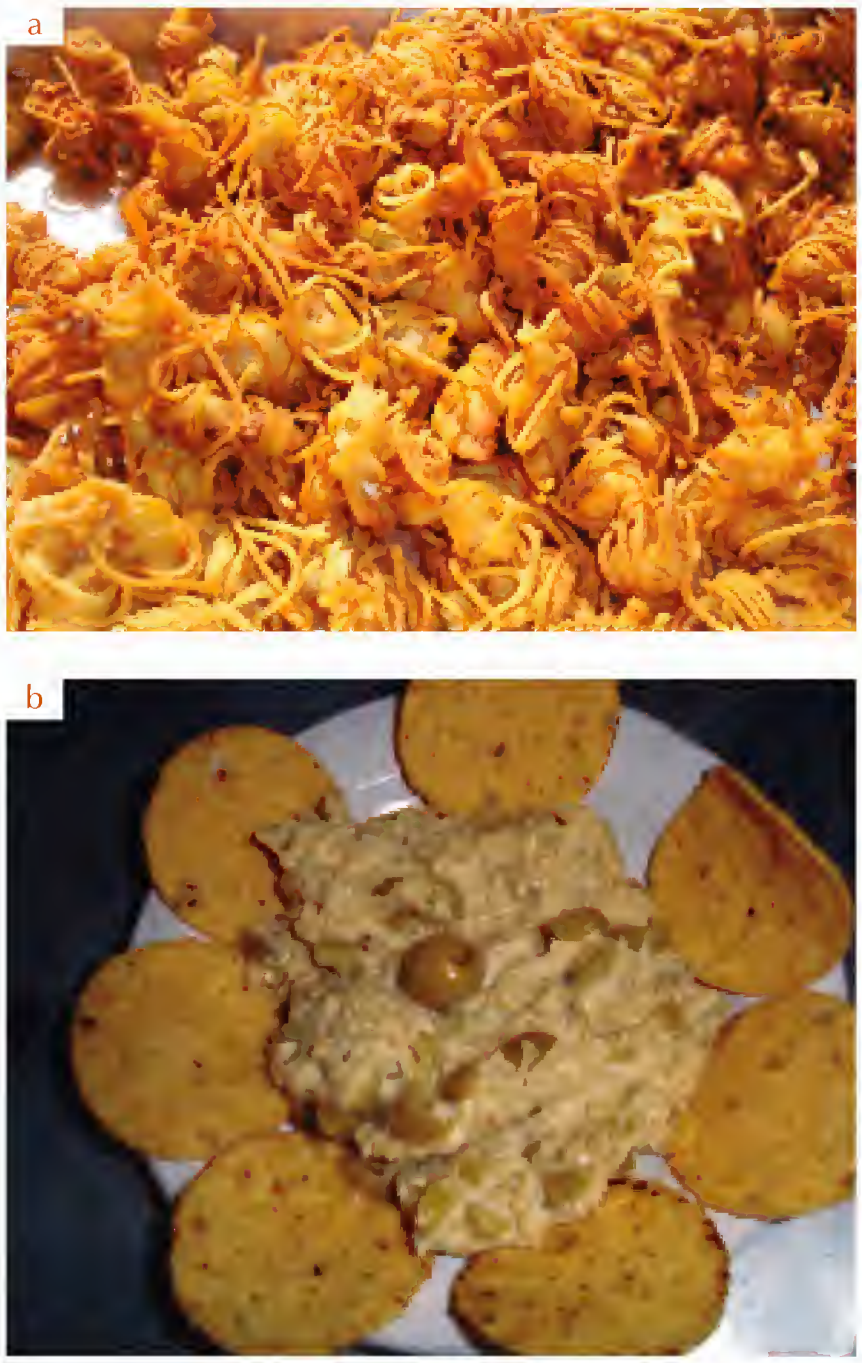


FIGURA 5. Preparaciones de filete de bagre armado: a) filete envuelto en espagueti, b) dip de bagre armado. Foto: Carlos Martínez-Palacios

Debido a que en la zona se llevan a cabo actividades productivas como la ganadería, otro posible aprovechamiento del bagre armado incluye generar ensilado ácido (la conservación de la totalidad del pez en un medio ácido, sin perder su calidad nutricional) y con ello un complemento alimenticio para el ganado de la región (Pérez 2011, Salazar 2013). Esta propuesta es particularmente útil, ya que en la zona existe una temporada de sequía muy prolongada que produce escasez de alimento, por lo que el uso de ensilado de bagre armado podría fortalecer la producción pecuaria de la zona (Martínez-Palacios *et al.* 2010*a*).

CONCLUSIONES

El problema en la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo es preocupante, ya que los bagres armados han encontrado un hábitat con condiciones adecuadas para su desarrollo, además de que están ausentes de depredadores y competidores, es por ello que sus poblaciones en la zona han florecido y son abundantes, sin embargo, su presencia está modificando el hábitat y eso puede representar un riesgo para la biodiversidad acuática e, incluso, para la de otros animales que directa o indirectamente dependen del agua o del alimento presente en ella.

Se necesitan más estudios para precisar esas alteraciones, pero cualquier riesgo para la flora y fauna requiere de atención y la necesidad de plantear programas que atiendan ese problema que es mayor en una zona que por su riqueza de especies se ha catalogado como Reserva de la Biosfera.

Por su parte, los habitantes de la región han observado una modificación en la composición de sus pesquerías, aunque considerando las características biológicas de los bagres armados, así como las condiciones fisiográficas y el tamaño del embalse, seguirán padeciendo su presencia.

Bajo ese escenario es recomendable explorar las oportunidades de aprovechar de forma adecuada el recurso. En 2010 sólo se capturaba (como pesca incidental en captura de tilapia) alrededor de 20% de la población total estimada (Entzín 2010). Sin embargo, si se llevan a cabo acciones que promuevan y desarrollen de una manera efectiva la pesquería del bagre armado, tanto para su consumo como para su comercialización, los pescadores de la región tendrían en este recurso una fuente de ingresos y eso podría ayudar a conservar a las especies nativas de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Para una mejor comprensión de las posibles afectaciones causadas por los bagres armados a otras especies, y en particular a las especies nativas, es necesario ampliar la información existente, sólo así se podrán tomar decisiones oportunas y fundamentadas para controlar el problema causado por la invasión de los bagres armados.

REFERENCIAS

Armbruster, J.W. 1998. Modifications of the digestive tract for holding air in Loricariid and Scoloplacid catfishes. *Copeia* 3:663-675.

Armbruster, J W. y L.M. Page. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology* 4:401-409.

Capps, K. 2008. *The impacts of sailfish catfish (Siluriformes: Loridariidae) on invaded freshwater ecosystems*. Abstracts of Annual Meeting of American Ichthyologist and Herpetologist Society. Canadá.

Capps, K.A., G.L. Nico, M. Mendoza-Carranza *et al.* 2011. Salinity tolerance of nonnative suckermouth catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) in south eastern Mexico: implications for invasion and dispersal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21:528-540.

Cruz, L.Z. 2013. *Dinámica poblacional del pez invasor del género Pterygoplichthys en la cuenca Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca baja del Coatzacoalcos, Veracruz, México.* Tesis de licenciatura en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ingeniería en sistemas de producción agropecuaria. Universidad Veracruzana, Xalapa.

Chávez, J.M., R.M. de La Paz, S.K. Manohar *et al.* 2006. New Philippine record of South America sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). *Zootaxa* 1109:57-68.

Entzín, D.C. 2010. *Parámetros poblacionales y pesqueros del bagre armado Pterygoplitchthys disjunctivus (Weber, 1991) en la presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo".* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Fuller, P.L., L.G. Nico y G.D. Williams. 1999. Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States. *American Fisheries Society,* special publication 27:435-441.

Gibbs, M.M., J.H. Shields, D.W. Lock *et al.* 2008. Reproduction in an invasive exotic catfish *Pterygoplichtys disjuctivus* in Volusia Blue Spring, Florida. *Journal of Fish Biology* 73:1562-1572.

Guzmán, A.F. y J.S. Barragán. 1997. Presencia de bagre sudamericano (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana* 3:1-4.

Keszka, S., R. Panicz y A. Tanski. 2008. First record of the leopard pleco. *Pterygoplichthys gibbiceps* (Actinopterygii: Loricariidae) in Brda river in the centre of Bydgoszcz (Northern Poland). *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 38:135-138.

Levin, A.B., O.H. Phoung y D.S. Pavlov. 2008. Discovery of the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Teleostei: Loricariidae) in Vietnam. *Journal of Applied Ichthyology* 24:715-717.

Liang, S.H., H.P.L. Wu y B.S. Shied. 2005. Size structure, reproductive phenology and sex ratio of an exotic sailfish catfish (*Liposarcus multiradiatus*) in the Kaoping river of southern Taiwan. *Zoological Studies* 44:252-259.

Liang, SH., L.Ch. Chuang y M.H. Chuang. 2006. The pet trade as a source of invasive fish in Taiwan. *Taiwania* 51:93-98.

Martínez-Palacios, C.A., A. Campos-Mendoza, E. Díaz-Pardo *et al.* 2010*a*. Bagres armados: ¿erradicación o utilización? *Ciencia y Desarrollo* 236:28-33.

Martínez-Palacios, C.A., L.G. Ross, F. Arreguín-Sánchez *et al.* 2010*b*. Peces amazónicos invaden aguas continentales de México y Guatemala en forma alarmante. *El Salvador Ciencia y Tecnología* 15:25-32.

Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez *et al.* 2007. Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:1-5.

Okolodkov, Y.V., R. Bastida-Zavala, A.L. Ibáñez *et al.* 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* 1:29-67.

Ozdilek, S.Y. 2007. Possible threat for Middle East inland water: an exotic and invasive species, *Pterygloplichthys disjunctivus* (Weber 1991) in Asia river, Turkey (Pisces: Loriicaridae). *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 24:303-306.

Page, L.M. y R.H. Robins. 2006. Identification of sailfin (Teleostei: Loricariidae) in Southeastern Asia. *The Raffles Bulletin of Zoology* 54:455-457.

Pérez, L.J. 2011. *Comportamiento reproductivo de las pollas doble propósito de remplazo, alimentadas con ensilado ácido de pescado Pterygloplichthys sp.* Tesis de licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia. UMSNH, Morelia.

Rueda-Jasso, R.A., A. Campos-Mendoza, F. Arreguín-Sánchez *et al.* 2013. The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos "El Infiernillo" Reservoir, Michoacán, Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:905-928.

Tello, J.S., V.H. Montreuil, J.T. Maco *et al.* 1992. Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Maranon-Perú. *Folia Amazonica* 4:87-107.

Salazar, M.C., D.L.M. Camacho, L.B. Cruz *et al.* 2013. Utilización del pez sapo (*Plecostomus* sp.) en ensilado biológico, como una alternativa de nutricion animal en la cuenca baja del Balsas del estado de Guerrero. Revista FOMIX Guerrero 3:14-17.

Sandoval-Huerta, E.R., X. Madrigal-Guridi, A. García-Meraz *et al.* 2012. New record of *Pterypoplichthys disjuntivus* (Actinopterygii: Loricariidae) in the mouth of Coahuayana River, Coahuayana, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:294-297.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Declaratoria de área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera de la región conocida como Zicuirán-Infiernillo. Publicada el 30 de noviembre de 2007 en el DOF. Texto vigente.

Simonović, P., V. Nikolić y S. Grujić. 2011. Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castellnnau, 1855) (Loricariidae; Siluriformes), a new fish species recorded in the Serbian section of the Danube river. En: *<http://www.diagnosisp.com/dp/journals/view_pdf.php?journal_id=1&archive=1&issue_id=27&article_id=1027>,* última consulta: 28 de febrero de 2013.

Wakida-Kusunoki, A.T., R. Ruiz-Carus y E. Amador del Ángel. 2007. Amazon sailfin catfish (Castelnau, 1985) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. Southwestern *Naturalist* 52:121-144.

Wakida-Kusunoki, A.T. y E. Amador del Ángel. 2008. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *P. disjunctivus* (Weber, 1991) (Siluriformes: Loricariidae) en el sureste de México. *Hidrobiológica* 18(3):251-256.

——. 2011. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:870-878.

Weber, C. 1992. Revision du genre *Pterygoplichthys sensu lato* (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Reveu Francaise d Aquariologie et Herpetologie* 19:1-36.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Proyecciones de cambio climático y sus efectos en la vegetación

CUAUHTÉMOC SÁENZ ROMERO, TIBERIO CESAR MONTERRUBIO RICO, JUAN FELIPE CHARRE MEDELLÍN, MARGARITO ÁLVAREZ JARA, GERALD E. REHFELDT Y NICHOLAS L. CROOKSTON

MODELOS CLIMÁTICOS Y ESCENARIOS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Existe un consenso entre la comunidad científica de que la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (bióxido de carbono, metano y otros), generados sobre todo por la quema de combustibles fósiles (petróleo y carbón), para producir electricidad y movilizar a los millones de vehículos automotores en el planeta, ha generado un cambio en la composición de gases en la atmósfera, lo que tiene como consecuencia el incremento en la temperatura y la modificación de los patrones de lluvia (Christensen *et al.* 2007). El efecto de estas modificaciones es conocido como cambio climático global antropogénico o calentamiento global.

La cantidad de GEI que se emiten a la atmósfera es superior a la cantidad de carbono que las plantas pueden capturar mediante la fotosíntesis, lo que ocasiona que los GEI se acumulen en una proporción directa a la cantidad de combustibles fósiles que se consumen. Las proyecciones de cambio climático para el futuro dependen de una estimación sobre la cantidad de combustibles fósiles que se consumirán en el futuro (IPCC 2000).

Si bien hay muchas formas de modelar el clima, el uso de la temperatura y la precipitación promedio anual y mensual son herramientas comunes, ya que esas variables influyen de forma directa en la distribución y abundancia de plantas y animales, y son particularmente útiles al momento de conocer el impacto de la modificación de los patrones climáticos sobre la biodiversidad (Sáenz-Romero *et al.* 2010).

En la presente contribución se muestran los resultados de una serie de trabajos (Sáenz-Romero *et al.* 2010, 2012*a*; Rehfeldt *et al.* 2012) que tuvieron como objetivo obtener un estimado de la magnitud del incremento de temperatura y el cambio en la precipitación. Se realizó un ajuste a un modelo climático para el clima contemporáneo (definido como el promedio de los años 1961-1990) y se hizo tomando como base los promedios mensuales de temperatura y precipitación de cerca de cuatro mil estaciones climáticas de México, parte de Centroamérica, el Caribe y el sur de EUA (Sáenz-Romero *et al.* 2010); de ellas, 149 estaciones pertenecen al estado (Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*). Una vez que se obtuvo un modelo climático para el clima contemporáneo, se reajustó para estimar el clima futuro, esto se logró estimando cuánto cambiaría cada media mensual de temperatura y de precipitación de cada estación climática, considerando las estimaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

Sáenz-Romero, C., T.C. Monterrubio-Rico, J.F. Charre-Medellín, M. Álvarez-Jara, G.E. Rehfeldt y N.L. Crookston. 2019. Proyecciones de cambio climático y sus efectos en la vegetación. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 325-331.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las estimaciones del IPCC utilizadas provienen de tres Modelos de Circulación Global (MCG). Los MCG son modelos climáticos que consideran la influencia de la dinámica de la atmósfera y de las corrientes marinas en el clima, a nivel planetario (Christensen *et al.* 2007). Los escenarios de emisiones son predicciones de la cantidad de bióxido de carbono (CO_2) y otros GEI que se emitirán en el futuro como resultado del crecimiento económico y de la población humana, por la forma de generar energía eléctrica y GEI provenientes de la quema del combustible empleado para el transporte (IPCC 2000).

En este análisis, derivado del proyecto de investigación Variación genética de especies forestales de Michoacán y cambio climático, auspiciado por la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, se consideraron las proyecciones de tres de los principales modelos de circulación global: el Canadiense (CCC), Hadley (HAD), Geofísica de Fluidos (GFD) y sus respectivas combinaciones con otros dos niveles (escenarios de emisiones) de intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero (Sáenz-Romero *et al.* 2010).

Se analizan dos tipos de escenarios de emisiones. Los considerados pesimistas (tipo A), que en general asumen que el petróleo y el carbón seguirán utilizándose como hasta ahora, mientras sea económicamente rentable (escenario también llamado *business as usual*). Y los optimistas (tipo B), que suponen un cambio tecnológico acelerado para sustituir el petróleo y el carbón por fuentes alternas de energía verdes, como la energía solar y la eólica (por el viento); también supone un desarrollo tecnológico y económico cada vez menos desigual entre los países desarrollados y los menos desarrollados (conjunto de suposiciones que nos hace pensar que es un escenario poco probable). En total se generaron seis proyecciones o modelos-escenarios que combinan los tres modelos de circulación global (CCC, HAD y GFD) en cada escenario de emisiones (A y B).

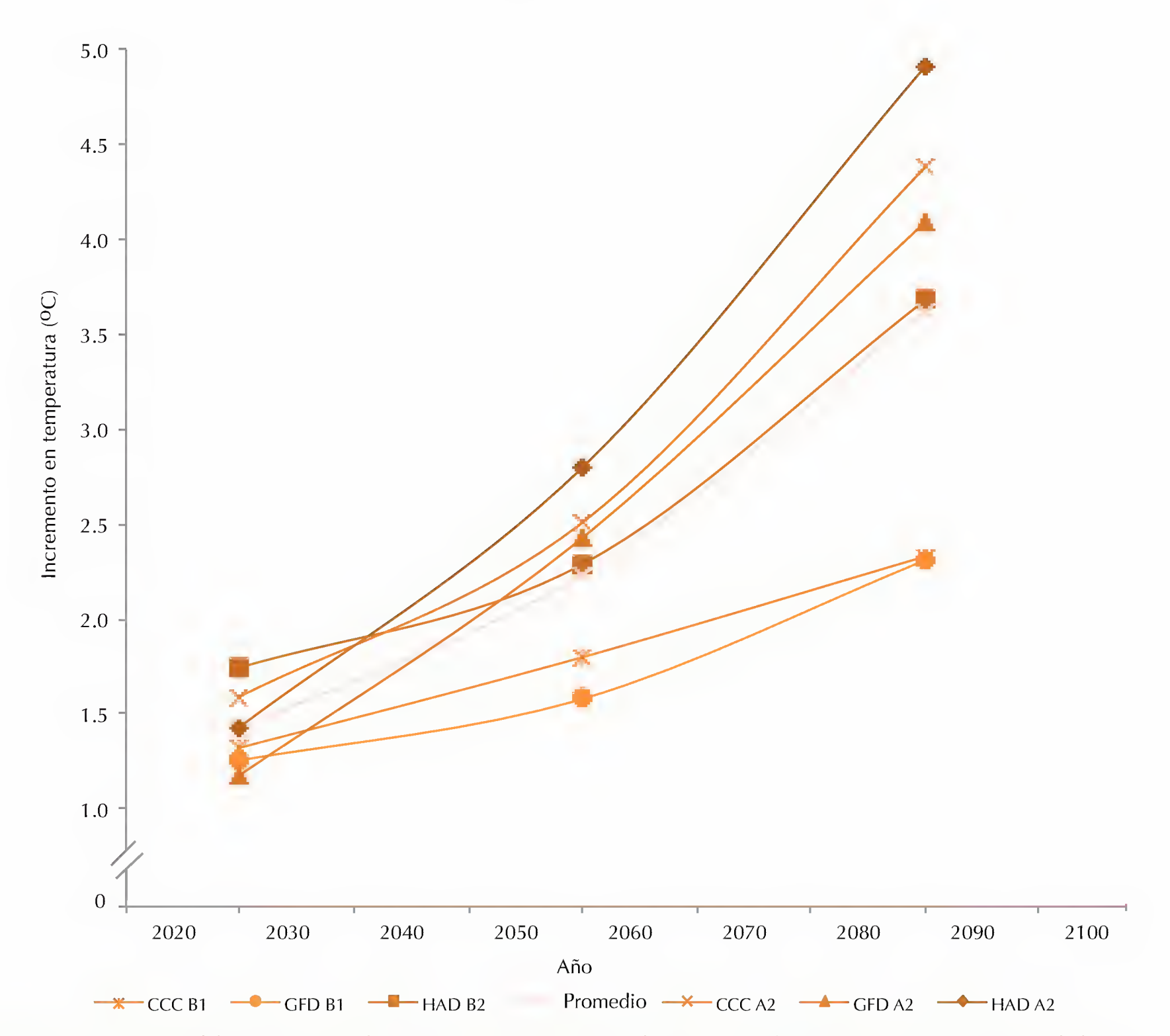


FIGURA 1. Proyecciones del incremento en la temperatura promedio anual (ºC) para Michoacán, en comparación con el clima contemporáneo (1961-1990). Modelo Canadiense (CCC), Hadley (HAD), Geofísica de Dinámica de Fluidos (GFD) y escenarios de elevadas (A) y bajas (B) emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: modificado de Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

INCREMENTO DE TEMPERATURA PROYECTADO

Se promediaron los datos de las 149 estaciones climáticas de Michoacán, ajustadas para las proyecciones de clima futuro en sus seis modelos-escenarios, estimándose que la temperatura promedio anual para Michoacán se incrementará en 1.4 °C para el año 2030, en 2.2 °C para el año 2060 y en 3.6 °C para el año 2090, en comparación con la temperatura promedio experimentada durante el clima contemporáneo (figura 1; Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*). Cuando se refiere al 2030, se hace por simplicidad, porque en realidad se estima el promedio de las proyecciones para la década centrada en el 2030. Lo mismo para la década centrada en el 2060 y en el 2090.

Para el año 2030 se observó que la variación entre estimaciones es pequeña. El modelo-escenario más pesimista estima un incremento de 1.7 °C (HAD B2), mientras que el más optimista estima 1.2 °C (GFD A2). Esto significa que el clima del 2030 se puede predecir con bastante precisión, ya que en gran medida es producto de los GEI que ya están en la atmósfera actualmente.

Para el año 2090, en cambio, las diferencias entre modelos-escenarios son grandes y dependientes del escenario de emisiones (A o B) considerado. El HAD A2 predice un incremento de 4.9 °C, mientras que el GFD B1 estima un incremento de 2.3 °C. Esto es, las estimaciones varían mucho, dependiendo de cuánto bióxido de carbono se supone se emitirá para fin de siglo.

Lo anterior no significa que los modelos sean malos o imprecisos, simplemente reflejan el hecho de que en este momento es imposible tener la certeza de en qué medida los países que combinan la mayor población mundial y algunos de los crecimientos económicos más vigorosos del mundo (China y la India; Hansen 2009), modificarán la manera de producir su energía eléctrica (quemando petróleo y carbón o bien generada a partir de energía solar o eólica). Tampoco es posible saber si los países que consumen actualmente más carbón y petróleo *per capita* (EUA; Hansen 2009) bajarán o cambiarán de forma importante su nivel y modo de vida en el futuro.

DISMINUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

En el caso de México y de Michoacán, según los modelos aquí presentados, desafortunadamente el cambio climático vendrá acompañado de una disminución de la cantidad anual total de lluvia (llamada técnicamente precipitación), que se expresa en un valor negativo, obteniendo en promedio (respecto a la precipitación contemporánea) -5.5% para el 2030, -5.9% para el 2060 y -7.8% para el 2090 (figura 2).

La variación de las proyecciones entre modelos y entre escenarios de emisiones de precipitación es mayor que para las proyecciones de temperatura, sin embargo, la tendencia general en ambos es una disminución de la precipitación y un aumento en la temperatura. Debido a que hay meses muy secos (noviembre a abril), la disminución esperada de la precipitación ocurriría en los meses más lluviosos: junio a septiembre.

Las predicciones varían mucho entre modelos-escenarios. Para el 2030, el modelo GFD escenario A2 predice una disminución de sólo -2.0% de la precipitación, mientras que el modelo canadiense CCC escenario A2 predice un cambio de precipitación mucho mayor, de -14.2% (figura 2). Para el 2060, la estimación de la precipitación varía entre 0.5% para el modelo HAD escenario B2 (cabe hacer notar que es el único valor positivo, aunque muy cercano a cero; es decir, prácticamente no hay cambio respecto a la precipitación contemporánea) y -17.3% para el CCC A2 (figura 2). Para el 2090 la estimación de disminución de precipitación varía entre -0.1% para el HAD A2 y -24.2% para el CCC A2 (figura 2).

El lector puede hacer sus propias estimaciones si conoce las coordenadas (latitud y longitud) y altitud de sitios de su interés en México, EUA y Canadá (véase *http://charcoal.cnre.vt.edu/climate/customData/*; Crookston y Rehfeldt 2011).

EFECTOS EN LA VEGETACIÓN

La combinación de incremento de temperatura y disminución de la precipitación tendrá como consecuencia un aumento de la aridez del clima de Michoacán (Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*). El cambio climático generará un desfasamiento entre los biomas[1] y el clima; en otras palabras, el clima al cual los biomas se han adaptado a través de un largo proceso evolutivo ocurrirá en un lugar diferente a los sitios en los que hoy se distribuyen en el estado; en algunos casos, el clima propicio simplemente desaparecerá (Rehfeldt *et al.* 2012). Este desacoplamiento creará un estrés fisiológico sobre todo en las plantas que, por ser sésiles (crecen fijas a un sitio), no pueden migrar (sus descendientes tienen que migrar a partir de dispersión de polen y semillas).

En las regiones montañosas el clima propicio para un bioma ocurrirá a mayor altitud. En regiones no montañosas el clima propicio se desplazará hacia los polos (Sáenz-Romero *et al.* 2010).

[1]Conjunto de ecosistemas en una región determinada, agrupados en función del tipo de vegetación y de la fauna que los compone.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

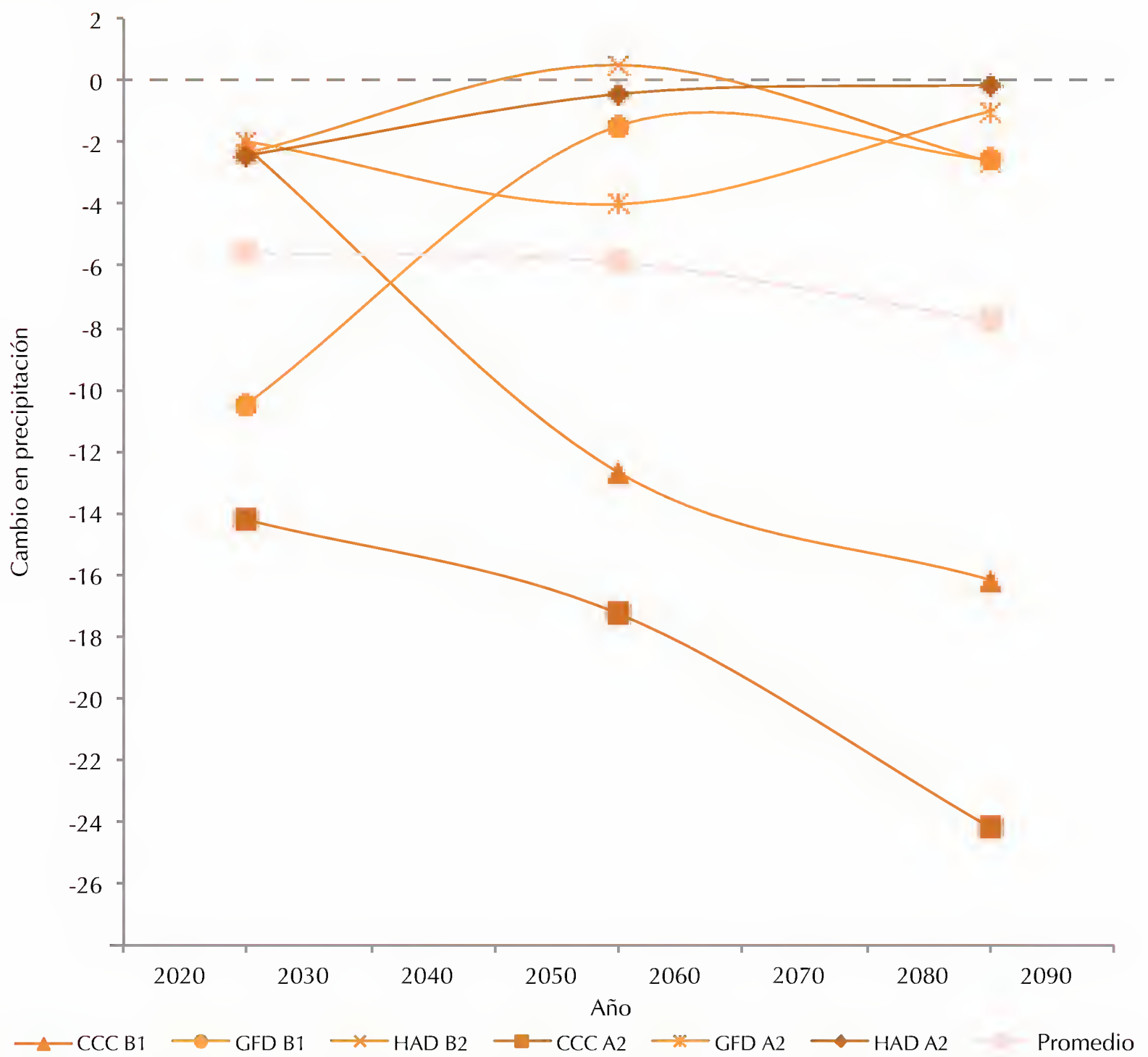


FIGURA 2. Proyecciones de cambios de la precipitación anual promedio, expresados como porcentaje de diferencia con respecto a la precipitación anual contemporánea (1961-1990). Modelo Canadiense (CCC), Hadley (HAD), Geofísica de Dinámica de Fluidos (GFD) y escenarios de elevadas (A) y bajas (B) emisiones de gases de efecto invernadero. La precipitación contemporánea equivale al valor 0 en el eje vertical. Fuente: modificado de Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*.

ESTIMACIÓN DEL DESFASAMIENTO ADAPTATIVO PARA LOS BIOMAS

El espacio geográfico ocupado por el clima apropiado para un bioma se llama hábitat climático propicio (*suitable climatic habitat*; Rehfeldt *et al.* 2012). No es el bioma propiamente, sino el clima al que éste se encuentra asociado de manera natural. Para estimar los cambios en la vegetación de Michoacán, como resultado del cambio climático, se analizó la distribución contemporánea y se proyectó la distribución futura de los hábitats climáticos que corresponden a los biomas de la entidad. Esto se realizó analizando con ArcMap (versión 9.3, 2008) los mapas generados en el trabajo de Rehfeldt *et al.* (2012), en el que se estimó la distribución geográfica de los hábitats climáticos propicios para los biomas de Norteamérica (desde el norte de Honduras hasta Alaska; disponibles en *http://charcoal.cnre.vt.edu/climate/publications.php*).

El cambio climático en Michoacán, proyectado con los modelos antes descritos, ocasionará una gran reducción del área hoy ocupada por el hábitat climático propicio para el bosque de coníferas (se reduce 95.8% para el 2090), y para el bosque de encino (reducción de 78.7% para 2090). El hábitat climático del bosque de pino-encino se contrae pero no demasiado, aparentemente a costa de ocupar las áreas dejadas por el hábitat del bosque de coníferas (cuadro 1). Esta predicción, a nivel de bioma, es congruente con estimaciones de reducción del hábitat climático de especies individuales de pino que forman parte del bioma de coníferas, como el pino caniz (*Pinus pseudostrobus*; véase Estudio de caso. Cambio climático: una amenaza para la conservación de *P. pseudostrobus*, en esta obra).

En contraste, el hábitat climático seco o semiseco se expande, tal es el caso del hábitat propicio para el matorral espinoso y el bosque tropical subperennifolio. El hábitat asociado a este último bioma tiene una distri-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

bución contemporánea mucho menor en superficie, de apenas de 41 km^2, pero se expande a 3 498 km^2, equivalente a 4.8% de la superficie estatal. Otros hábitats climáticos muy secos, propicios para biomas ausentes en Michoacán pero que ocurren en otras regiones de México (chaparral interior, bosque seco caducifolio de Yucatán y de Sinaloa, bosque subcaducifolio de Yucatán y Tamaulipas), se establecen y se expanden a partir del 2030, hasta alcanzar 6.7% de la superficie estatal (cuadro 1).

El hábitat propicio para biomas inexistentes en el presente, es decir, un clima que no existe y por tanto no tiene un bioma asociado (sin análogo contemporáneo), se expande hasta alcanzar 20.8% de la superficie estatal (cuadro 1). Esto es grave porque indica que tal región ocupada por un clima sin análogo contemporáneo tendría que estar ocupada por un ensamble de especies inexistente en el presente, de forma eventual desplazando aquellas especies que se distribuyen naturalmente en climas y biomas actuales.

En resumen, el hábitat climático propicio para los biomas que corresponden a clima templado se contraen y los de clima seco se expanden; sin embargo, la expansión del hábitat climático de biomas de vegetación seca no significa necesariamente que se expandirá el bioma correspondiente. Ello requeriría que las nuevas áreas ocupadas por el hábitat climático propicio sean colonizadas por propágulos (semillas y plántulas) de las especies del bioma que les es propicio. Esto desde luego es poco probable que suceda, ya que la velocidad natural de migración de especies vegetales es mucho más lenta que la velocidad a la que está ocurriendo el cambio climático (Delzon *et al.* 2013).

DECAIMIENTO FORESTAL

Recientemente, se han documentado casos de decaimiento forestal (debilitamiento y muerte masiva de árboles) atribuibles al estrés producido por el cambio climático. En esos casos es frecuente que ocurran en el límite inferior del rango natural de distribución altitudinal de una especie o bien, en el caso del Hemisferio Norte, en el límite sur de su distribución latitudinal (Allen *et al.* 2010).

La explicación más probable a lo anterior es lo que se conoce como desfasamiento adaptativo (Rehfeldt *et al.* 2012); es decir, las plantas cuentan con mecanismos de adaptación para resistir el estrés causado por temporadas de sequía o periodos de temperaturas extremas, sin embargo, esa capacidad adaptativa tiene un límite y puede no ser suficiente para adaptarse cuando el estrés es muy severo o prolongado (Mátyás *et al.* 2010). Además, los árboles estresados son más sus-

CUADRO 1. Área ocupada por el hábitat climático propicio para los biomas de Michoacán, estimado con base en el clima contemporáneo (promedio 1961-1990) y proyectado para las décadas centradas en los años 2030, 2060 y 2090.

Clave	Principales biomas	Área contemporánea (km^2)	Cambio en área (% del contemporáneo)		
			2030	2060	2090
2	Bosque de coníferas	6 098	-70.5	-92.8	-95.8
33	Bosques de pino-encino	21 215	-16.7	-0.1	-8.9
12	Bosques de encino	7 752	-32.6	-44.8	-78.7
4	Bosque seco caducifolio	18 452	-4.8	-25.6	-38.1
40	Pastizal semidesértico	5 840	52.9	-47.2	-58.3
34	Matorral espinoso	13 151	28.5	-12.3	4.4
	Biomas de extensión contemporánea muy reducida o inexistente		**Área ocupada (% del total estatal)**		
19	Bosque tropical subperennifolio	41	1.7	3.8	4.8
3, 6, 11, 26	Chaparral interior, bosque seco caducifolio de Yucatán y de Sinaloa, bosque subcaducifolio de Yucatán y Tamaulipas		1.3	6.4	6.7
99	Bioma sin análogo contemporáneo	0	2.9	14.6	20.8

Las estimaciones se calcularon promediando seis modelos-escenarios climáticos. No se incluyen biomas con extensión (contemporánea o futura) de hábitat climático menor a 40 km^2.
Fuente: biomas según la clasificación de Rehfeldt *et al.* 2012, basada en Brown *et al.* 1998.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ceptibles al ataque de insectos y patógenos naturales (hongos, bacterias y virus dañinos), ya que éstos pueden tener mucho más éxito en sus ataques, generando brotes de plagas y enfermedades, inusualmente numerosos y extensos (Sturrock *et al.* 2011).

En México, se ha observado decaimiento de árboles por sequía ligado al cambio climático; por ejemplo, la defoliación (inusual pérdida de follaje) del pino caniz (*P. pseudostrobus*) en la meseta Purépecha (figuras 3a y b) y del oyamel (*Abies religiosa*) en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (figura 3c; Saénz-Romero *et al.* 2012*b*).

El sitio donde se observa la defoliación de *P. pseudostrobus* se encuentra en el límite altitudinal inferior de la distribución de esa especie en la región (entre 2 200 y 2 300 msnm) y es un micrositio pedregoso. Eso concuerda con otros reportes de decaimiento forestal de árboles en su límite altitudinal inferior, que es su límite xérico (el de condiciones de sequía que puede soportar una población o especie; Mátyás 2010).

MIGRACIÓN ASISTIDA: UNA OPCIÓN PARA REALINEAR LOS GENOTIPOS A LOS AMBIENTES

Con base en lo anterior, se requiere de la intervención humana para reacoplar (realinear) las poblaciones de especies forestales a los climas para los cuales están adaptadas, ya que debido al fenómeno de calentamiento global, tales climas ahora ocurrirán en otros sitios en los cuales no están presentes las poblaciones y a los que tampoco son capaces de llegar por medios naturales.

La estrategia de proveer asistencia para realinear las poblaciones naturales a los ambientes para los cuales están adaptadas, ha sido llamada migración asistida (Rehfeldt *et al.* 2002, Tchebakova *et al.* 2005).

En general, el movimiento debe ser hacia los polos o a mayor altitud. En el caso de poblaciones forestales esto se traduce en colectar semilla de la especie de interés en un sitio (colectada del mayor número posible de individuos para incluir la mayor diversidad genética), producir la planta en vivero y plantar en otro sitio donde se haya predicho que ocurrirá el clima que le es propicio. Esto implica dejar a un lado la idea de la restauración ecológica acerca de que la semilla local es la mejor porque está adaptada (Ledig y Kitzmiller 1992); es evidente, esto era válido hasta antes de que el cambio climático fuera una realidad.

En el caso particular de Michoacán la migración hacia el norte no es una opción, ya que colinda con Guanajuato, que es más seco (Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*). Por ello, para el estado las opciones de migración asistida serán hacia mayores altitudes, es decir, a partes elevadas del Sistema Volcánico Transversal.

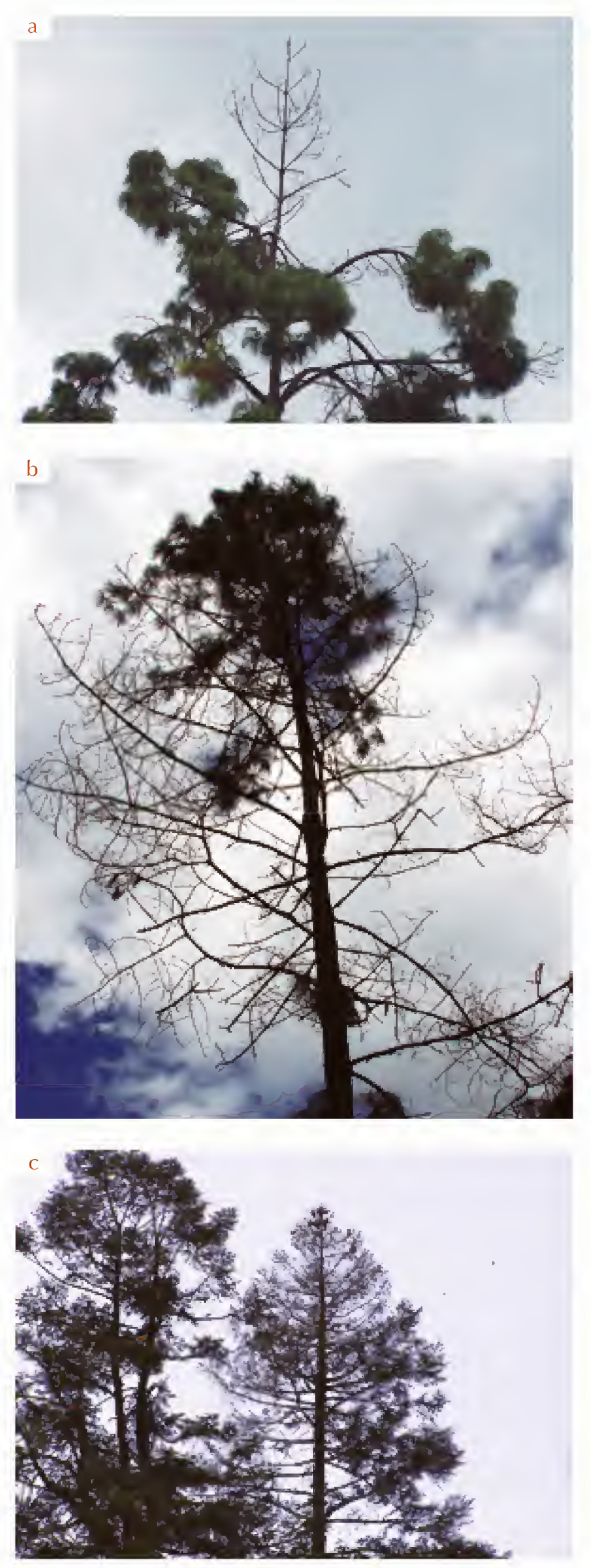


FIGURA 3. Decaimiento de individuos: a) y b) poblaciones de pino caniz (*P. pseudostrobus*) en la meseta Purépecha, c) poblaciones de oyamel (*A. religiosa*) en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Defoliación aparentemente debida a la sequía asociada al cambio climático. Fotos: Cuauhtémoc Sáenz Romero.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Para realinear las poblaciones al clima que les es propicio y que ocurrirá en el 2030, la recomendación sería promover que la altitud para el establecimiento de nuevas poblaciones ocurra 300 m hacia arriba de su ubicación actual. La magnitud del movimiento sugerido deriva de que por cada 100 m que aumenta la altitud la temperatura decrece 0.5 °C (Saénz-Romero *et al.* 2010), por lo que así se compensaría el incremento de 1.4 °C esperado para el año 2030. Ese movimiento tendría que hacerse en el presente, para que en el año 2030, con suerte los árboles plantados hayan sobrevivido, competido con éxito y alcanzado la edad reproductiva, eso permitiría colectar semilla en el 2030 y repetir el ciclo, con el fin de reacoplarse al clima del 2060.

REFERENCIAS

Allen, C.D., A.K. Macalady, H. Chenchouni *et al.* 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259(4):660-684.

Brown, D.E., F. Reichenbacher y S.E. Franson. 1998. *A classification of North American biotic communities.* University of Utah, Salt Lake City.

Christensen, J.H., B. Hewiston, A. Busuioc *et al.* 2007. Regional Climate Projections, En: *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group i to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* S. Solomon, D. Qin, M. Manning *et al.* (eds). Cambridge University Press, Reino Unido y Nueva York, pp. 847-940.

Crookston, N.L. y G.E. Rehfeldt. 2011. Climate estimates and plant-climate relationships. Moscow, Idaho, EUA, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. En: *<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>,* última consulta: 5 de enero de 2011.

Delzon S., M. Urli, J.C. Samalens *et al.* 2013. Field evidence of colonization by Holm oak, at the northern margin of its distribution range, during the Anthropocene Period. *PlosOne* 8(11):e80443.

Hansen, J. 2009. *Storms of my grandchildren.* Bloomsbury, Nueva York.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2000. *Emissions scenarios; summary for policymakers.* Special Report of IPCC Working Group III. IPCC, EUA.

Ledig, F.T. y J.H. Kitzmiller. 1992. Genetic strategies for reforestation in the face of global climate change. *Forest Ecology and Management* 50:153-169.

Mátyás, C. 2010. Forecasts needed for retreating forests. *Nature* 464:1271.

Mátyás C, I. Berki, Czúcz, B. Gálos *et al.* 2010. Future of beech in Southern Europe from the perspective of evolutionary ecology. *Acta Silvatica & Lingaria Hungarica* 6:91-110.

Rehfeldt, G.E., N.M. Tchebakova, Y.I. Parfenova *et al.* 2002. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris. Global Change Biology* 8:912-929.

Rehfeldt, G.E., N.L. Crookston, C. Sáenz-Romero y E. Campbell. 2012. North American vegetation model for land-use planning in a changing climate: a solution to large classification problems. *Ecological Applications* 22(1):119-141.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston *et al.* 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102(3-4):595-623.

——. 2012*a*. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México: impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, P. Duval y P. Lindig-Cisneros. 2012*b*. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275:98-106.

Sturrock, R.N., S.J. Frankel, A.V. Brown *et al.* 2011. Climate change and forest diseases. *Plant Pathology* 60:133-149.

Tchebakova, N.M., G.E. Rehfeldt y E.I. Parfenova. 2005. Impacts of climate change on the distribution of *Larix* spp. and *Pinus sylvestris* and their climatypes in Siberia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11:861-882.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Reducción de áreas con alta riqueza de especies del género *Quercus* bajo escenarios de cambio climático global

HERNANDO RODRÍGUEZ CORREA, ANTONIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, LUIS ERASMO ANGEL LETELIER GÁLVEZ Y FELIPE GARCÍA OLIVA

INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* (encinos o robles) es uno de los grupos de plantas leñosas más importantes en México, tanto en términos de número de especies y de biomasa, como por su valor económico y ecológico (Nixon 1993*a*). Según la estimación más reciente (Valencia-A. 2004), en México se encuentran 161 especies de encinos, lo que representa entre 32 y 40% del número de especies de este género en el mundo.

El género *Quercus* se subdivide en dos subgéneros: *Cyclobalanopsis*, que se encuentra en el este y sureste asiático, y *Quercus* con una distribución holártica (en todo el hemisferio norte). El subgénero *Quercus* se divide en tres secciones: *Quercus* o encinos blancos, *Lobatae* o encinos rojos y *Protobalanus* o encinos intermedios (Nixon 1993*b*), estas tres secciones se encuentran en México, representadas por 81, 76 y cuatro especies, respectivamente (Valencia-A. 2004). De las 161 especies presentes en México, 109 son consideradas endémicas. En Michoacán se reportan 29 especies de encinos (Arizaga *et al.* 2009), 20 son endémicas de México, aunque no se ha reportado ninguna especie endémica al estado.

Las especies de *Quercus* juegan un papel fundamental en términos de la provisión de diferentes servicios ambientales, tales como el secuestro de carbono (Ordóñez *et al.* 2008) y el mantenimiento de la diversidad biológica, al establecer gran diversidad de interacciones ecológicas con hongos, insectos, vertebrados y otras plantas (Kappelle 2006).

A pesar de su importancia, los bosques en los que se encuentran las especies de *Quercus* han estado sometidos a una presión antropogénica que ha resultado en la conversión de mucha superficie original en campos de cultivo, parcelas de pastoreo y en áreas urbanas, así como en una considerable fragmentación y perturbación de los bosques remanentes. A estos problemas se suma el cambio climático global (CCG), fenómeno que amenaza con comprometer los procesos biológicos fundamentales de los cuales depende la continuidad de las poblaciones de encinos. Por lo tanto, es crucial desarrollar estudios que contribuyan a pronosticar la vulnerabilidad de las especies de *Quercus* en los distintos escenarios del CCG.

Rodríguez-Correa, H., A. González-Rodríguez, L. Letelier-Gálvez y F. García-Oliva. 2019. Reducción de áreas con alta riqueza de especies del género *Quercus* bajo escenarios de cambio climático global. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 333-342.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES BAJO ESCENARIOS DE CCG

Recientemente, el desarrollo de herramientas metodológicas ha permitido elaborar escenarios climáticos, tanto globales como regionales, para diferentes periodos temporales que abarcan prácticamente todo el presente siglo. Los escenarios de cambio climático a nivel nacional pronostican un incremento de 2 a 4 °C en la temperatura media anual y una reducción de la precipitación anual, llegando a ser de -15% en el centro del país, con un intervalo de entre 0 y -57% (INE 2006).

Para el caso de Michoacán, se espera un incremento en la temperatura promedio anual de entre 3.5 y 5 °C, así como una reducción de la precipitación de hasta -24% en el año de 2050 (Conde *et al.* 2011).

Los métodos que permiten modelar el nicho climático de las especies también han avanzado considerablemente. A partir de una serie de registros geográficos de localidades en las que se conoce que una determinada especie está presente, es posible determinar con alto grado de precisión los valores de las distintas variables climáticas que dicha especie requiere para vivir (nicho climático). A su vez, los modelos de nicho permiten crear mapas de distribución potencial que sirven para identificar las áreas geográficas que reúnen las condiciones climáticas para que esté presente la especie en cuestión (Peterson y Robins 2003, Phillips *et al.* 2006, Cuni-Sánchez *et al.* 2010).

Mediante la combinación de modelos de escenarios climáticos y del nicho climático es posible obtener mapas de distribución potencial de las especies bajo diferentes escenarios del CCG (Rojas-Soto *et al.* 2012, Ureta *et al.* 2012, Beck 2013). Sin embargo, es importante tener presente que la elaboración de dichos mapas de distribución potencial se basa en distintos supuestos que tienen un grado de incertidumbre asociada, por lo que sólo deben considerarse como una aproximación de la vulnerabilidad de una especie ante determinados escenarios de CCG.

En esta contribución se presenta un análisis de la distribución potencial de las especies del género *Quercus* en el estado bajo las condiciones climáticas actuales (de 1950 a 2000) y para escenarios de los años 2050 y 2080 con dos modelos del CCG, con el objetivo de determinar cuáles especies de encinos son más vulnerables, así como las regiones de Michoacán en las que es probable se observe la reducción o la permanencia de las especies de encinos. Este análisis es relevante para propósitos de conservación biológica.

MÉTODOS

Los modelos utilizados pertenecen a la familia de escenarios A1/A1B. Estos modelos asumen un rápido crecimiento económico, un crecimiento demográfico inicial hasta mediados del siglo, seguido por una reducción en la tasa de crecimiento poblacional y la introducción de nuevas tecnologías más eficientes. Asimismo, estos modelos consideran un balance entre diferentes fuentes de energía, es decir, sin que los combustibles fósiles sean utilizados de forma extensiva y por tanto se sigan incrementando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI; Nakicenovic *et al.* 2000).

Las especies analizadas fueron las 29 reportadas para el estado por Arizaga *et al.* (2009; cuadro 1). Para cada especie se reunieron todos los registros de presencia con coordenadas geográficas disponibles en una base de datos de acceso público (GBIF 2012). Esta información fue complementada con registros de presencia recopilados en campo por integrantes del Laboratorio de Genética de la Conservación del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad.

A partir de las coordenadas geográficas de presencia fue posible conocer con exactitud las condiciones climáticas en las que cada especie se desarrolla, eso gracias a la existencia de bases de datos mundiales con alto grado de resolución espacial (Hijmans *et al.* 2005). Esos datos climáticos se utilizaron para modelar el nicho ecológico de cada especie de encino y para calcular su área de distribución potencial en Michoacán bajo las condiciones climáticas actuales (durante el periodo 1950-2000), utilizando el programa conocido como MAXENT 3.3.3a (Phillips *et al.* 2006).

Posteriormente, se utilizaron dos modelos que han sido desarrollados para pronosticar las condiciones climáticas hacia el futuro. Esos modelos describen las condiciones, comportamiento e interacciones entre los componentes que determinan el clima global (atmósfera, océano, glaciares, superficie terrestre y vegetación) y consideran el efecto que tendrían ciertas concentraciones de GEI proyectables en el futuro. Los modelos utilizados fueron construidos por grupos internacionales de investigadores especializados en cambio climático: Max Planck Institute for Meteorology (MPI-ECHAm5; Jungclaus *et al.* 2006) y Hadley Centre Global Environmental Model (UKMO-HADGEM1; Johns *et al.* 2006).

Una vez realizados los análisis de distribución potencial de las 29 especies de encinos, se obtuvieron las estimaciones de los porcentajes de cambio en el área ocupada por cada especie bajo cada uno de los modelos utilizados, con respecto a la distribución actual.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Porcentajes de cambio del área de la distribución de 29 especies de encinos presentes en el estado, según proyecciones para dos modelos de cambio climático (MPI-ECHAM5 y UKMO-HADGEM1) para los años 2050 y 2080.

Especie	Escenario			
	MPI 2050	UKMO 2050	MPI 2080	UKMO 2080
Quercus acutifolia	-44.8	-7.9	-66.8	-16.8
Q. candicans	-36.9	-33.2	-63.7	-51.1
Q. castanea	-28.7	-21.1	-49.8	-29.1
Q. conspersa	-27.3	-7.4	-43.1	-19.3
Q. crassifolia	-47.2	-3.7	-72.7	-18.7
Q. crassipes	-44.9	-46.0	-66.1	-74.4
Q. deserticola	-30.7	-17.0	-45.0	-28.4
Q. dysophylla	-61.9	-30.9	-90.4	-26.1
Q. elliptica	-39.7	-51.4	-58.6	-66.2
Q. frutex	-88.5	**58.1**	-99.8	**15.3**
Q. gentryi	-6.7	-49.2	-20.1	-78.3
Q. glabrescens	-89.7	-49.5	-98.5	-67.4
Q. glaucescens	-15.6	-33.8	-29.8	-41.9
Q. glaucoides	-25.3	**25.7**	-36.8	**12.8**
Q. laeta	-36.7	-33.9	-60.6	-66.3
Q. laurina	-47.1	-7.0	-70.9	-42.1
Q. magnoliifolia	-22.9	-2.8	-38.7	-11.2
Q. martinezii	-44.1	-44.7	-57.1	-54.1
Q. obtusata	-36.9	-7.9	-55.1	-22.2
Q. peduncularis	-22.0	-15.2	-53.7	-39.9
Q. planipocula	-44.5	-84.4	-72.9	-89.3
Q. resinosa	-7.1	-13.2	-15.5	-47.4
Q. rugosa	-59.1	-54.9	-75.7	-74.8
Q. salicifolia	-37.6	**28.1**	-59.2	**28.9**
Q. scytophylla	-28.0	-55.5	-49.6	-68.4
Q. sideroxyla	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
Q. splendens	-18.3	-15.9	-26.8	-23.0
Q. subspathulata	**33.9**	-90.0	**14.9**	-94.1
Q. uxoris	-40.2	-46.5	-60.4	-44.0

El cambio se cuantificó con respecto al área ocupada por cada especie, según un modelo de distribución potencial bajo las condiciones climáticas del presente. En negritas resaltan los casos en los que las especies incrementarían su área de distribución y en naranja aquellos en los que una especie desaparecería por completo del estado.
Fuente: elaboración propia.

PRONÓSTICOS PARA LOS ENCINOS

En general, ambos modelos predicen cambios dramáticos en los tamaños del área ocupada por cada especie de encino (cuadro 1). El modelo MPI-ECHAM5 para el 2050 predice reducciones de entre 6.7% (*Q. gentryi*) y 100% (*Q. sideroxyla*) en las áreas de distribución de la mayoría de las especies. La única especie que podría expandir su área de distribución bajo este modelo es *Q. subspathulata* (33.9%). Por su parte, con el modelo UKMO-HADGEM1 para el 2050 se predicen reducciones de entre 2.8% (*Q. magnoliifolia*) y 100% (*Q. sideroxyla*), y expansiones de entre 25.7% (*Q. glaucoides*) y 58.1% (*Q. frutex*).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

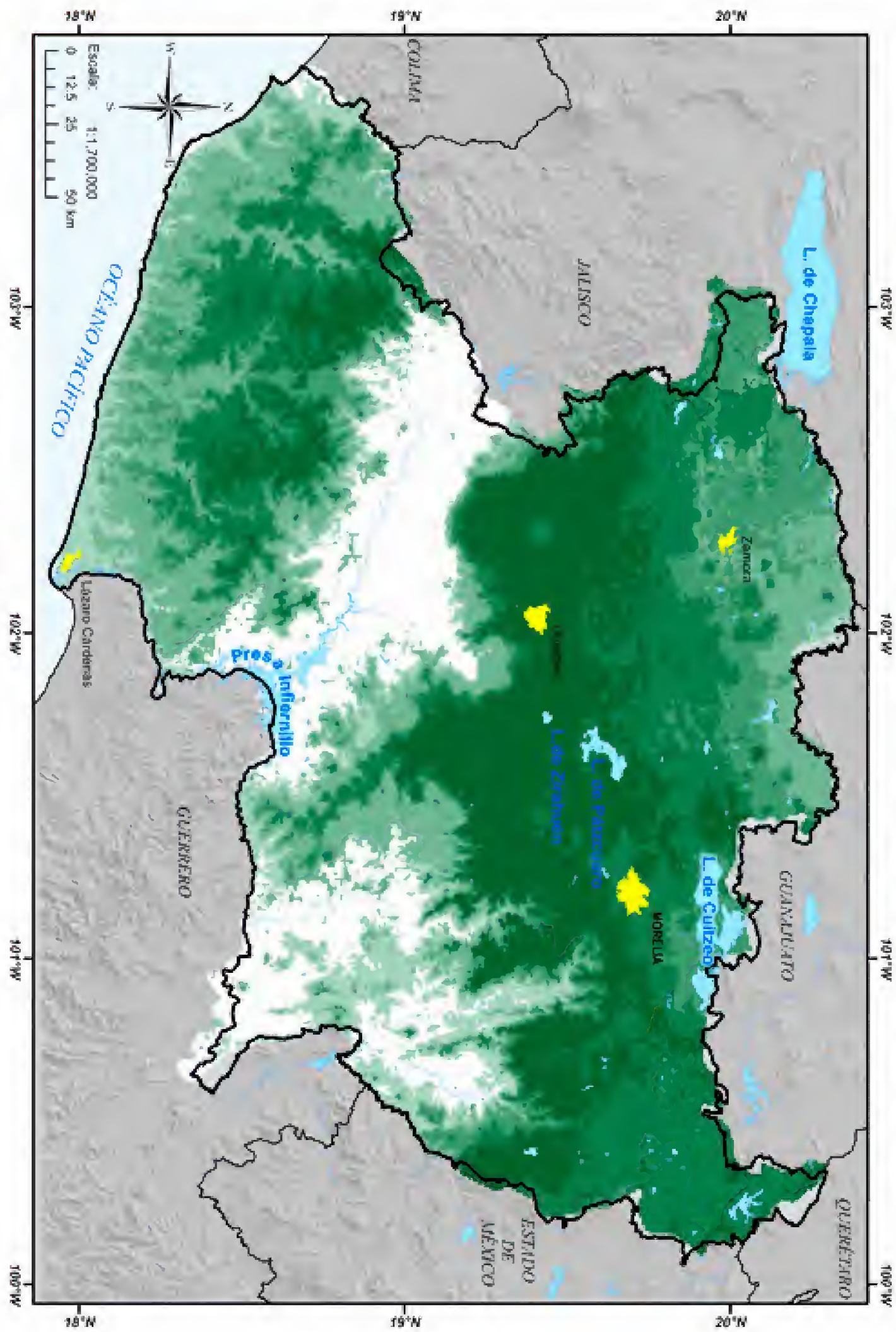


FIGURA 1. Distribución potencial del género *Quercus* para las condiciones climáticas actuales (1950-2000). Las distintas tonalidades de verde indican los intervalos de riqueza potencial de especies, desde áreas donde se predice la presencia de 1 a 5 especies, hasta áreas en las que se predicen de 21 a 26 especies. Fuente: elaboración propia con datos de Hernando Rodríguez-Correa y Luis Letelier Gálvez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

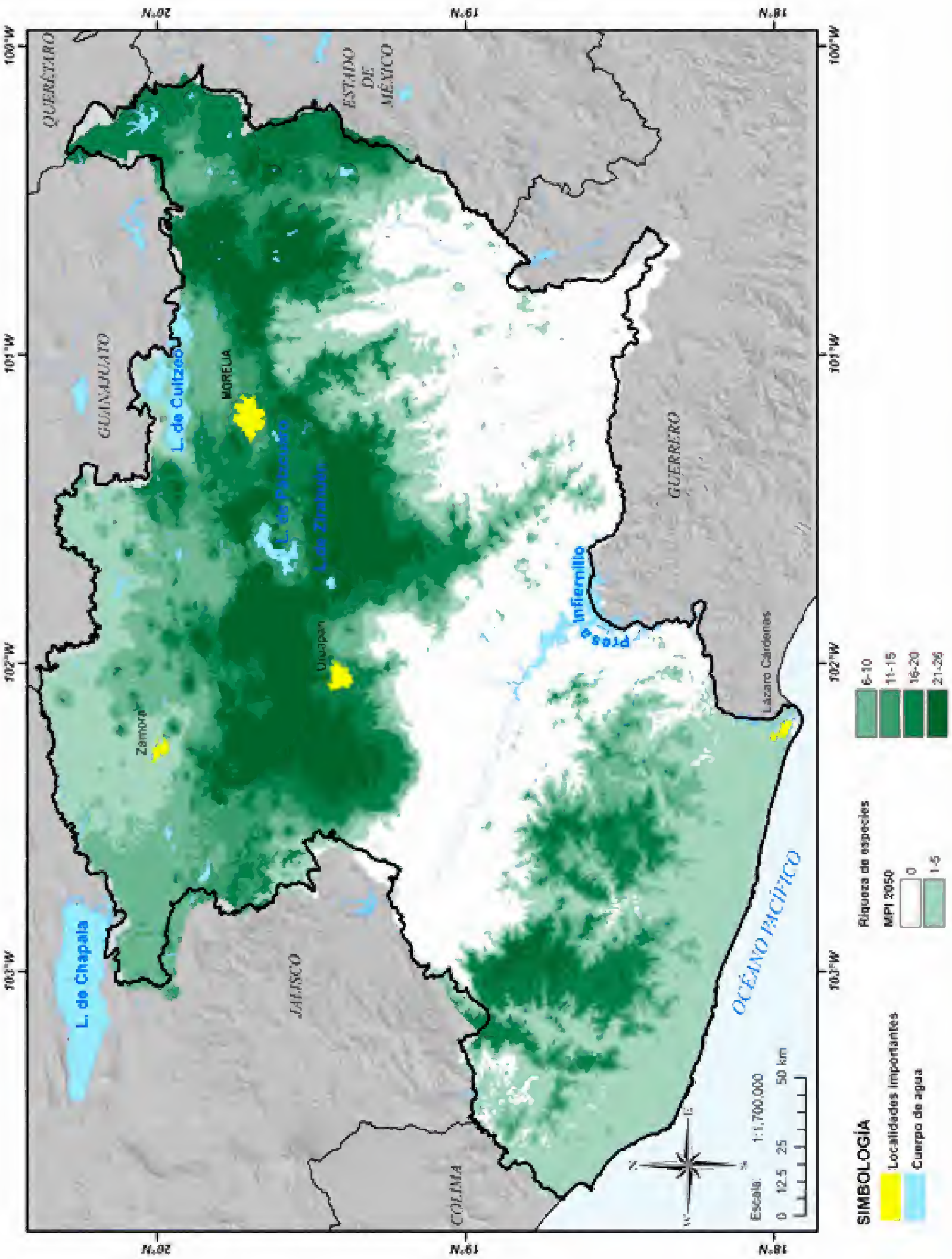


FIGURA 2. Distribución potencial del género *Quercus* para 2050 bajo el modelo MPI-ECHAM5. Las distintas tonalidades de verde indican los intervalos de riqueza potencial de especies, desde áreas donde se predice la presencia de entre 1 a 5 especies, hasta áreas en las que se predicen de 21 a 26 especies. Fuente: elaboración propia con datos de Hernando Rodríguez-Correa y Luis Letelier Gálvez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

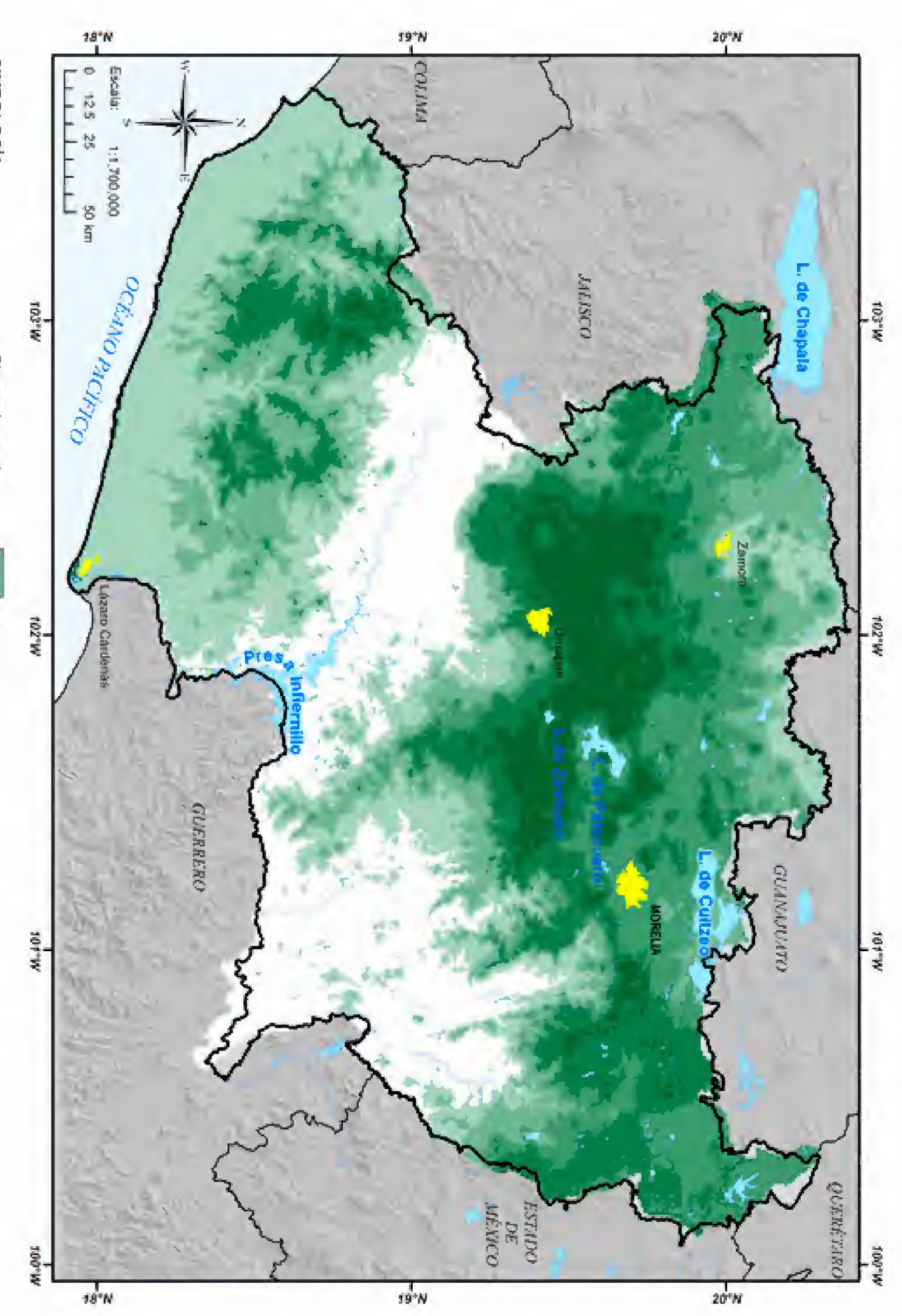


FIGURA 3. Distribución potencial del género *Quercus* para 2050 bajo el modelo UKMO-HADGEM1. Las distintas tonalidades de verde indican los intervalos de riqueza potencial de especies, desde áreas donde se predice la presencia de 1 a 5 especies, hasta áreas en las que se predicen de 21-25 especies. Fuente: elaboración propia con datos de Hernando Rodríguez-Correa y Luis Letelier Gálvez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

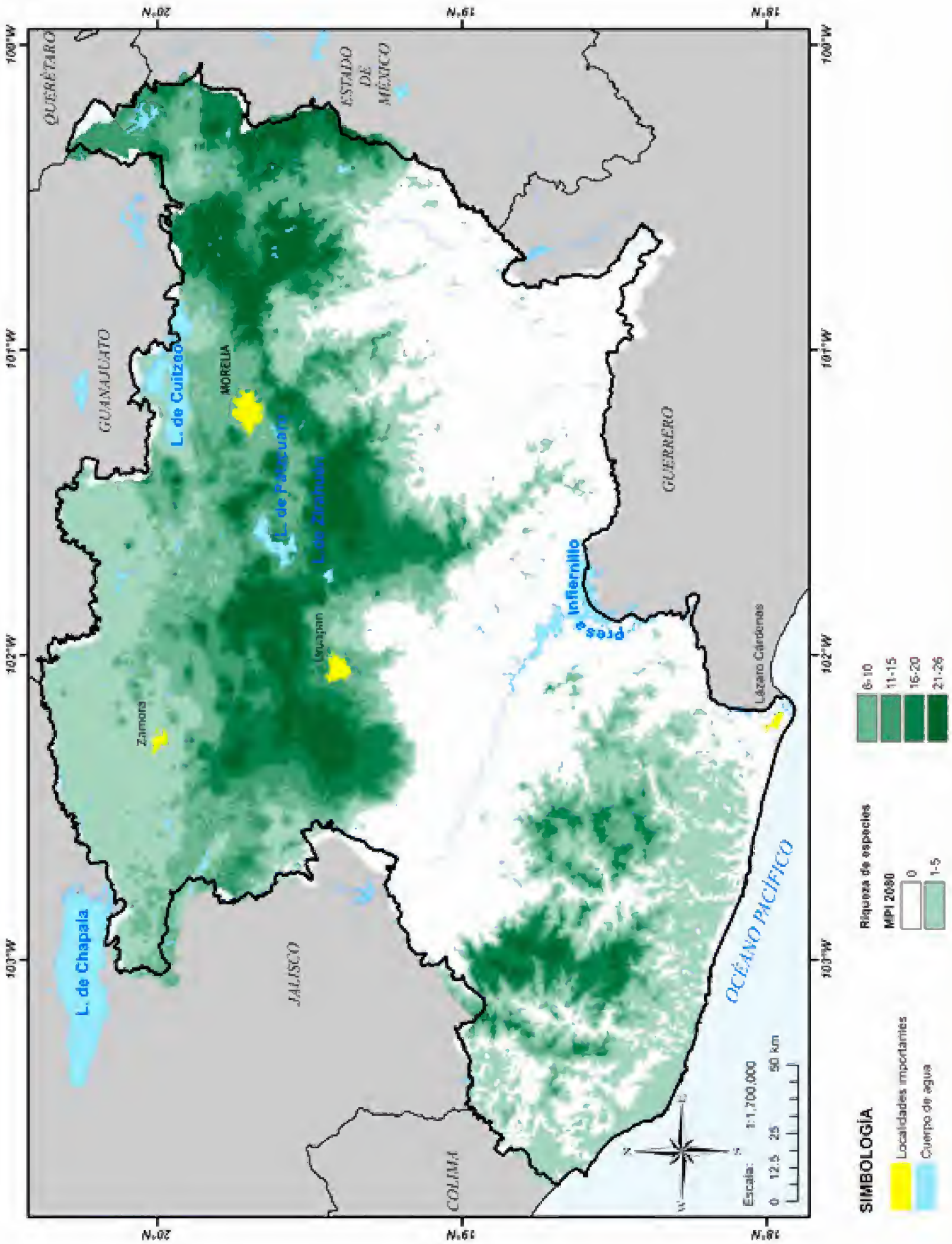


FIGURA 4. Distribución potencial del género *Quercus* para el año 2080 bajo el modelo MPI-ECHAM5. Las distintas tonalidades de verde indican los intervalos de riqueza potencial de especies, desde áreas donde se predice la presencia de entre 1 a 5 especies, hasta áreas en las que se predicen de 21 a 26 especies. Fuente: elaboración propia con datos de Hernando Rodríguez-Correa y Luis Letelier Gálvez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

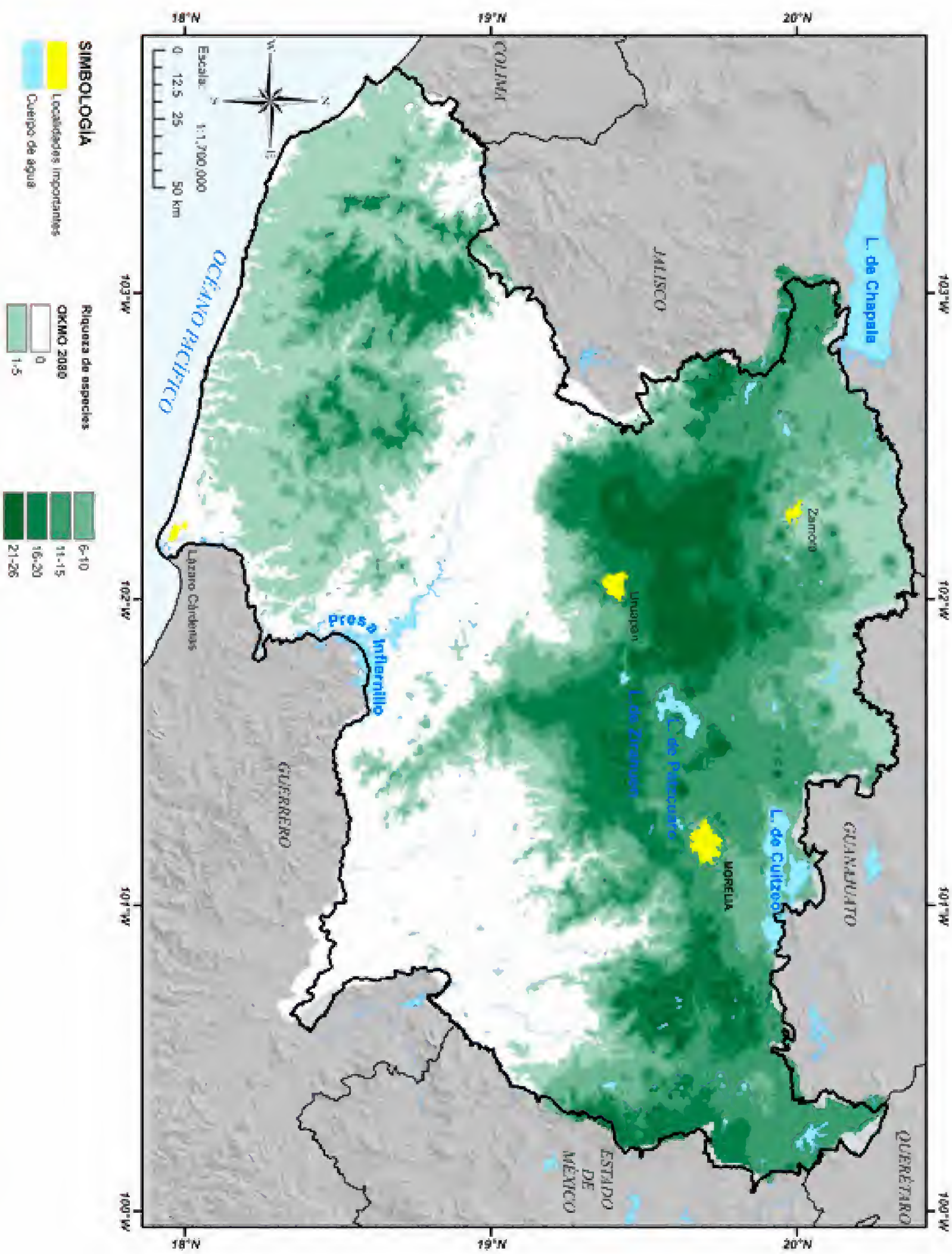


FIGURA 5. Distribución potencial del género *Quercus* para el año 2080 bajo el modelo UKMO-HADGEM1. Las distintas tonalidades de verde indican los intervalos de riqueza potencial de especies, desde áreas donde se predice la presencia de entre 1 a 5 especies, hasta áreas en las que se predicen de 21 a 26 especies. Fuente: elaboración propia con datos de Hernando Rodríguez-Correa y Luis Letelier Gálvez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Para el año 2080, el modelo MPI-ECHAM5 muestra reducciones en las áreas de distribución de entre 15.5% (*Q. resinosa*) y 100% (*Q. sideroxyla*), mientras que *Q. subspathulata* mostró una expansión de 14.9%. Por su parte, con el modelo UKMO-HADGEM1 se obtuvieron contracciones del área de distribución de entre 11.2% (*Q. magnoliifolia*) y 100% (*Q. sideroxyla*) y expansiones de entre 12.8% (*Q. glaucoides*) y 28.9% (*Q. salicifolia*).

En las figuras 1 a 5 se muestran los mapas de distribución potencial de la riqueza de las especies de encinos (cuyos valores fluctúan entre 1 a 26 especies) de Michoacán para las condiciones climáticas actuales y para escenarios de los años 2050 y 2080 utilizando ambos modelos. Entre las regiones con alta riqueza de especies de *Quercus* en las condiciones climáticas actuales (figura 1) destaca la región de la meseta Purépecha y, en particular, el área Pico de Tancítaro, en las que se predice la presencia potencial de hasta 26 especies. Asimismo, la Sierra Madre del Sur presenta una región con alta riqueza de especies de encinos. Por el contrario, no se predice la presencia de especies de encinos en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec.

Los mapas de distribución potencial de la riqueza de especies de encinos, bajo los escenarios del CCG para los años 2050 y 2080, muestran disminuciones dramáticas en las áreas que tienen una alta riqueza de especies en las condiciones actuales (figuras 4 y 5). Las áreas que mantendrán a largo plazo una mayor riqueza de especies (con presencia de más de 20 especies de encinos) serán también Pico de Tancítaro y algunas localidades de la Sierra Madre del Sur, aunque con una superficie mucho menor (-60 y -78% en el 2050 según los modelos MPI-ECHAM5 y UKMO-HADGEM1, respectivamente y -74 y -83% en el 2080; figuras 2 a 5).

CONCLUSIONES

Las especies que muestran mayor vulnerabilidad al cambio climático, con pérdidas mayores a 80% de su área de distribución para el año 2080 son *Q. dysophylla*, *Q. frutex*, *Q. glabrescens* y *Q. sideroxyla*, con el modelo MPI-ECHAM5, y *Q. planipocula*, *Q. sideroxyla* y *Q. subspathulata* con el modelo UKMO-HADGEM1. Las especies con menor vulnerabilidad al cambio climático, con reducciones de 20% o menores en sus áreas de distribución para el 2080 son: *Q. resinosa* (modelo MPI), *Q. acutifolia*, *Q. conspersa*, *Q. crassifolia* y *Q. magnoliifolia* (modelo UKMO).

Finalmente, las especies que en el 2080 podrían expandir sus áreas de distribución bajo los escenarios evaluados son *Q. subspathulata* (modelo MPI-ECHAM5) y *Q. frutex*, *Q. glaucoides* y *Q. salicifolia* (modelo UKMO-HADGEM1). Cabe destacar que *Q. sideroxyla* es la especie que muestra mayor vulnerabilidad al cambio climático en todos los escenarios, especie que en el presente exhibe una distribución muy restringida en el noroeste del estado. Por su parte, las regiones en las que sería posible la persistencia de un mayor número de especies a largo plazo son el área Pico de Tancítaro y la porción central y norte de la Sierra Madre del Sur, por lo que se recomienda dedicar particular atención a la conservación del género en dichas áreas.

Cabe enfatizar que los modelos de CCG utilizados consideran una reducción en las emisiones de GEI para mediados del presente siglo, por lo que pueden ser considerados escenarios positivos. Es probable que bajo escenarios menos optimistas los modelos pudieran mostrar cambios aún más dramáticos en la distribución potencial de las especies de encinos.

De lo anterior se puede concluir que las especies de *Quercus* son vulnerables a los problemas derivados del CCG, por lo que es necesario diseñar estrategias de manejo que las protejan, ya que son importantes por los servicios ambientales que proveen, así como por la alta representación de este género en México, por la cantidad de biomasa forestal que posee y por el valor económico y grado de endemismo que presentan en el país.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados en este trabajo se desarrollaron gracias al financiamiento del proyecto: Inventario de gases de efecto invernadero y escenarios del cambio climático global en el estado de Michoacán (Fondo Mixto Michoacán-CONACYT).

REFERENCIAS

Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales y M.A. Bello-González. 2009. *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos*. SEMARNAT, México.

Beck, J. 2013. Predicting climate change effects on agriculture from ecological niche modeling: who profits, who loses? *Climatic Change* 116:177-189.

Conde, C., E. Espina, O. Sánchez *et al.* 2011. *Análisis sistemático de la información histórica del clima y desarrollo de escenarios climáticos*. SUMA, Gobierno del Estado de Michoacán, Morelia.

Cuni-Sánchez, A., P.E. Osborne y N. Haq. 2010. Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modeling. *Agroforestry Systems* 80:191-201.

GBIF. Global Information Facilty. 2012. Base de datos con registros de coordenadas geográficas. En: <*www.gbif.org*>, última consulta: 12 de julio del 2012.

Hijmans, J.R., S.E. Cameron, J.L. Parra *et al.* 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.

INE. Instituto Nacional de Ecología. 2006. México. Tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INE/SEMARNAT, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Johns, T.C., C.F. Durman, H.T. Banks *et al.* 2006. The new Hadley Centre climate model HadGEM1: Evaluation of coupled simulations. *Journal of Climate* 19:1327-1353.

Jungclaus, J.H., N. Keenlyside, M. Botzet *et al.* 2006. Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/M. *Journal of Climate* 19:3952-3972.

Kappelle, M. 2006. *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests.* Springer Verlag, Alemania.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis *et al.* 2000. IPCC *Special Report on Emissions Scenarios.* Cambridge University Press, Nueva York.

Nixon, K.C. 1993*a*. The genus *Quercus* in Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution.* T.P. Ramammoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, EUA, pp. 447-458.

——. 1993*b*. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Annales des Sciences Forestieres* 50 (supplement 1):255-345.

Ordóñez, J.A.B., B.H.J. de Jong, F. García-Oliva *et al.* 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255: 2074-2084.

Peterson, A.T. y C.R. Robins. 2003. Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology* 17:1161-1165.

Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

Rojas-Soto, O., V. Sosa y J.F. Ornelas. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity Conservation* 21:2671-2690.

Ureta, C., E. Martínez-Meyer, H. Perales y E. Álvarez-Buylla. 2012. Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Global Change Biology* 18:1073-1082.

Valencia-A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-53.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Contaminación de cuerpos de agua

MARÍA SILVIA AGUILERA RÍOS Y RUBÉN HERNÁNDEZ MORALES

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es un tema prioritario en México, ya que son pocos los sistemas epicontinentales que contienen agua superficial de calidad para satisfacer las necesidades básicas del ser humano (Arreguín *et al.* 2004), y que además permitan sostener la diversidad biológica nativa de los ecosistemas acuáticos y terrestres. En este sentido, Michoacán es una de las entidades federativas estratégicas para el desarrollo del país, ya que alberga algunos de los sistemas lacustres más grandes de México, destacando los lagos de Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro, que presentan problemas que permean en la calidad del agua de sus vasos de recepción (Alcocer y Bernal-Brooks 2010).

Cabe resaltar que esa reserva hídrica no se concentra sólo en los lagos de la mesa central, ya que la entidad posee el segundo embalse más grande de México, la presa Adolfo López Mateos "Infiernillo". Este embalse, además de proporcionar agua para actividades piscícolas y pecuarias, y abastecer de agua potable, es uno de los generadores más importantes de energía eléctrica para la red centro occidente de México, permitiéndole a Michoacán ser gestor en el manejo y conservación de sus recursos hídricos.

La ausencia de un manejo adecuado en las cuencas hidrográficas del estado ha propiciado la contaminación y sobrenriquecimiento de nutrientes (eutrofización), de la mayor parte de sus manantiales, ríos, arroyos, embalses y cuerpos de agua naturales, ya que la red hídrica, que ocurre en una fisiografía accidentada, ha sido utilizada en las últimas décadas como drenaje de aguas residuales que contienen descargas domésticas, lixiviados de agroquímicos, pesticidas y productos organoclorados. También se presentan descargas industriales en zonas urbanas del centro y norte, y desechos de actividades mineras en la sección oriente y sur de la entidad, lo que disminuye la calidad de los ecosistemas y limitan el uso humano del agua (Solórzano 1998).

Pese a lo anterior, se plantea que un adecuado manejo de cuencas hidrográficas y la mitigación de los impactos derivados de actividades antropogénicas podría ser una vía para incrementar el potencial de ese recurso natural, tanto para el sostenimiento de la productividad acuática como para detonar actividades económicas en el sector centro del país.

Aguilera-Ríos, M.S. y R. Hernández-Morales. 2019. Contaminación de cuerpos de agua. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 343-355.

POTENCIAL HÍDRICO

Michoacán posee gran cantidad de sistemas riparios por estar ubicado entre un mosaico fisiográfico de alta variabilidad: la Altiplanicie, el Sistema

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Volcánico Transversal, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera (Garduño *et al.* 1999). Estos sistemas subsanan las actividades primarias de varios centros urbanos, destacando su papel en la región del trópico seco, correspondiente a los municipios de La Huacana, Churumuco, Turicato, Huetamo, Múgica y Arteaga –la sección económica de alta marginación–, ya que la disposición de agua de calidad es restringida (Rodríguez 2012).

El estado cuenta con 14 sistemas lacustres de origen natural (que representan 16% del agua superficial), producto de eventos tectónico-volcánicos de las diversas regiones de la entidad (Garduño *et al.* 1999, Alcocer y Bernal-Brooks 2010, Bernal-Brooks e Israde 2012), además de 43 presas (45% del agua superficial) y 38 ríos de volumen considerable (39% del agua superficial); los más importantes se enlistan en el cuadro 1.

CUADRO 1. Principales cuerpos de agua del estado.

Regiones económicas	Cuencas	Cuerpo de agua
Provincia fisiográfica: Sistema Volcánico Transversal		
Lerma-Chapala	Lago Chapala	Lago Chapala
		Presa Jaripo
Bajío	Río Lerma-Salamanca	Río Lerma
		Presa Los Ángeles
		Presa El Arco
		Presa Tres Mezquites
	Río Lerma-Chapala	Río Lerma
		Río Angulo
		Río Guacamacato
		Laguna de Zacapu
		Laguna de Colesio
		Lago Cráter La Alberca de los Espinos
		Lago de Camécuaro
		Presa de Villagrán
		Presa Melchor Ocampo
		Presa Aristeo Mercado
		Presa Gonzalo
		Presa Nueva
		Presa Copándaro
		Parque Bellas Fuentes (presa)
		Parque La Zarcita (presa)
		Presa Antonio Rodríguez
		Presa La Noria
		Presa Changuitiro
		Presa Urepetiro
		Presa Álvarez
		Presa Guaracha
		Presa Jaripo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Regiones económicas	Cuencas	Cuerpo de agua
Cuitzeo	Lago de Pátzcuaro, lago de Cuitzeo y laguna de Yuriria	Río Tiripetío
		Río Tirio
		Río Chiquito
		Río Grande de Morelia
		Río Huani
		Río Chapultepec
		Lago de Pátzcuaro
		Lago de Cuitzeo
		Laguna de Queréndaro
		Lago Cráter La Alberca de Teremendo
		Presa de Cointzio
		Presa de Umécuaro
		Presa Loma Caliente
		Presa Las Angustias
		Presa La Mintzita
Oriente	Lerma-Toluca	Río Lerma
		Presa Tepuxtepec
	Río Cutzamala	Río Turundeo
		Río Tuxpan
		Río Chiquito
		Río Susupuato
		Río Tuzantla
		Río Pungarancho
		Río Purungueo Grande
		Presa Mata de Pinos
		Presa Pucuato
		Presa Sabaneta
		Presa El Bosque
		Presa El Fresno
		Presa Juanacatlán
Provincia fisiográfica: Depresión del Balsas-Tepalcatepec		
Purépecha y región Infiernillo	Río Tepalcatepec-Infiernillo	Río Balsas
		Río Cupatitzio
		Río Acúmbaro
		Río Santa Rosa
		Río Cajones
		Río Marqués
		Lago de Zirahuén
		Lago San Gregorio

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Regiones económicas	Cuencas	Cuerpo de agua
Purépecha y región Infiernillo	Río Tepalcatepec-Infiernillo	Lago Santa Clara
		Presa Caltzontzin
		Presa Cupatitzio
		Presa Zumpimito
		Presa Jicalán
		Presa Francisco J. Múgica
		Presa El Rosario
		Presa Zicuirán
		Presa Adolfo López Mateos, Infiernillo
Tepalcatepec	Río Tepalcatepec	Río Itzicuaro
		Presa San Juanico
Tierra Caliente	Río Tacámbaro	Río San Diego
		Río Carácuaro
		Río Acaten
		Río Tacámbaro
		Río Cantarrana
		Río Turicato
		Laguna de Tacámbaro
		Lago Cráter La Alberca de Tacámbaro
Provincia fisiográfica: Llanura Costera		
Costa	Río Balsas-Infiernillo	Río Balsas
		Presa Adolfo López Mateos, Infiernillo
		Presa José María Morelos, La Villita
	Río Coahuayana	Río Coahuayana
		Presa El Guayabo
	Río Cachán	Río Coalcomán
	Río Nexpa	Río Nexpa-Aguililla
		Río Acalpican
		Río Toscano
		Río Carrizal

Fuente: SCT 2009, Bernal-Brooks e Israde 2012.

Esos cuerpos de agua se distribuyen sobre todo en la región administrativa del Bajío, comprendiendo las cuencas del río Lerma-Salamanca y del río Lerma-Chapala; la segunda región administrativa con un importante número de ecosistemas acuáticos es la del Oriente, seguida de la región Purépecha y la región Infiernillo, contando estas últimas con un número importante de presas (cuadro 1, figura 1; SCT 2009).

ESTADO ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Para que el agua que está disponible en manantiales, arroyos, ríos, embalses, bordos y lagos sea catalogada como un recurso hídrico de calidad, debe poseer un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que permitan su aprovechamiento

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

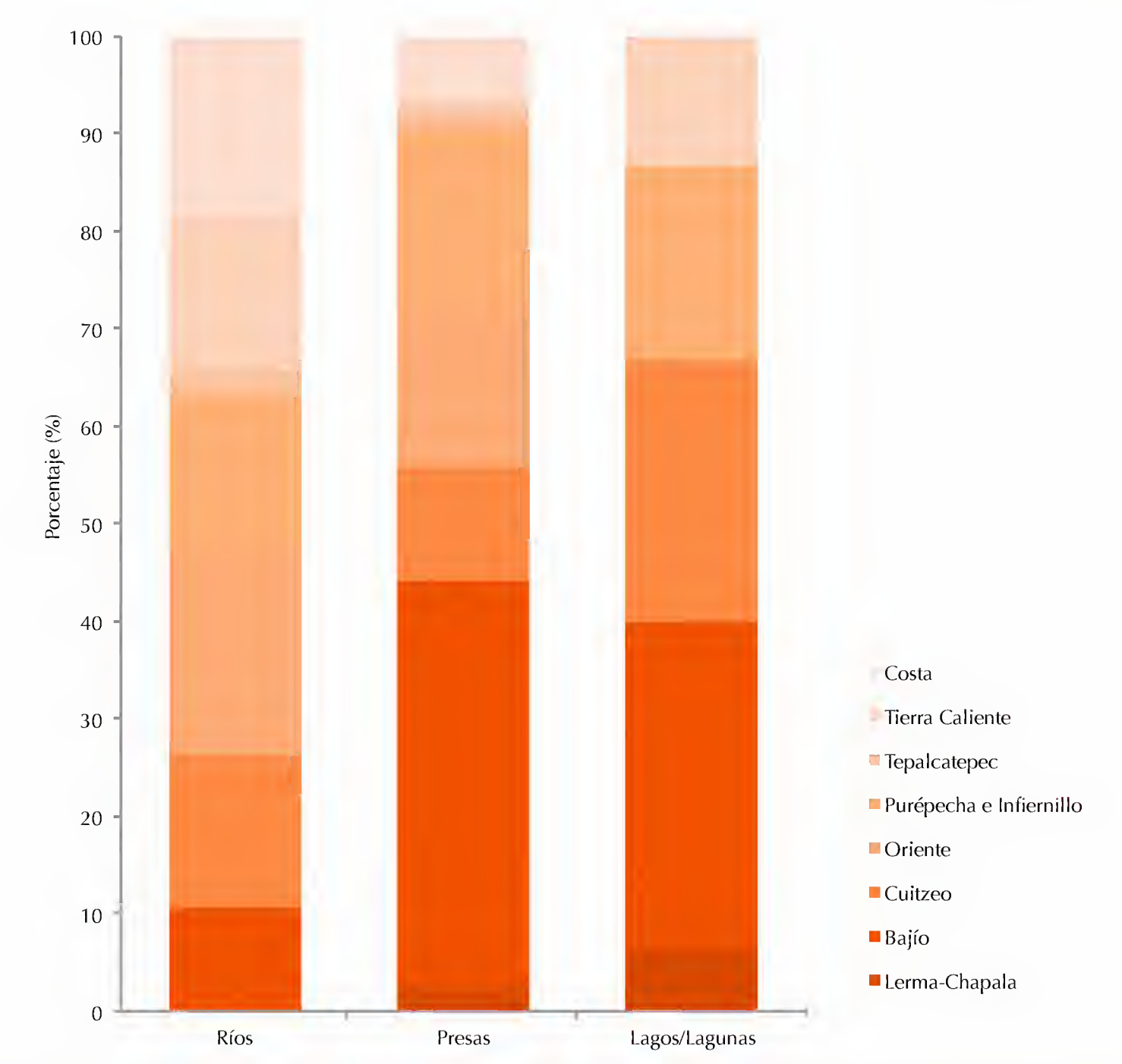


FIGURA 1. Distribución de los principales tipos de recursos hídricos en las regiones económicas del estado. Fuente: SCT 2009, Bernal-Brooks e Israde 2012.

para satisfacer las necesidades primarias del ser humano (Tebbutt 1990).

Para Michoacán, las regiones del sistema Cutzamala y Balsas presentan 32% y 5.1%, respectivamente, del total del recurso hídrico con un severo grado de contaminación (INEGI 2006). También las subcuencas cercanas al río Lerma tienen altos índices de contaminación, propiciando el deterioro de la salud de los habitantes de los asentamientos urbanos adyacentes. El grado de contaminación física, inorgánica, orgánica y biológica, así como el nivel de eutrofización de un sistema acuático, limitan su aprovechamiento y reducen su estabilidad ecológica, amenazando la protección a la vida acuática (Segura *et al.* 2011).

En Michoacán, el nivel y proceso de contaminación es diverso, ya que depende sobre todo del tamaño de los centros de población (Bernal-Brooks e Israde 2012), del desarrollo de actividades industriales, agrícolas, frutícolas, piscícolas y ganaderas, así como de la capacidad de las cabeceras municipales para tratar sus aguas residuales (CONAGUA 2013). Algunos municipios han construido plantas de tratamiento, sin embargo, no están operando o bien no cuentan con el diseño adecuado para retirar contaminantes orgánicos o inorgánicos presentes en el agua residual.

Ríos

Los ríos son los recursos naturales que en las últimas décadas se han modificado, en años recientes la mayoría conducen aguas residuales, limitando su uso para satisfacer las necesidades primarias y rezagando el desarrollo de actividades económicas. Actualmente, la calidad del agua de estos sistemas lóticos (con movimiento de agua; fluyentes), permite el uso pecuario y el riego agrícola, representando un factor de riesgo para la protección de la vida acuática y limitando el abastecimiento de agua potable y el uso y consumo humano (figura 2).

Solorio (2004), Villalobos (2007), Elizarrarás (2011), Molina (2011), Sánchez (2011), Segura (2011), Avilés (2012) y Rodríguez (2012), alertan sobre la contaminación en las principales redes hidrológicas del estado, en particular sobre los parámetros que se deben

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

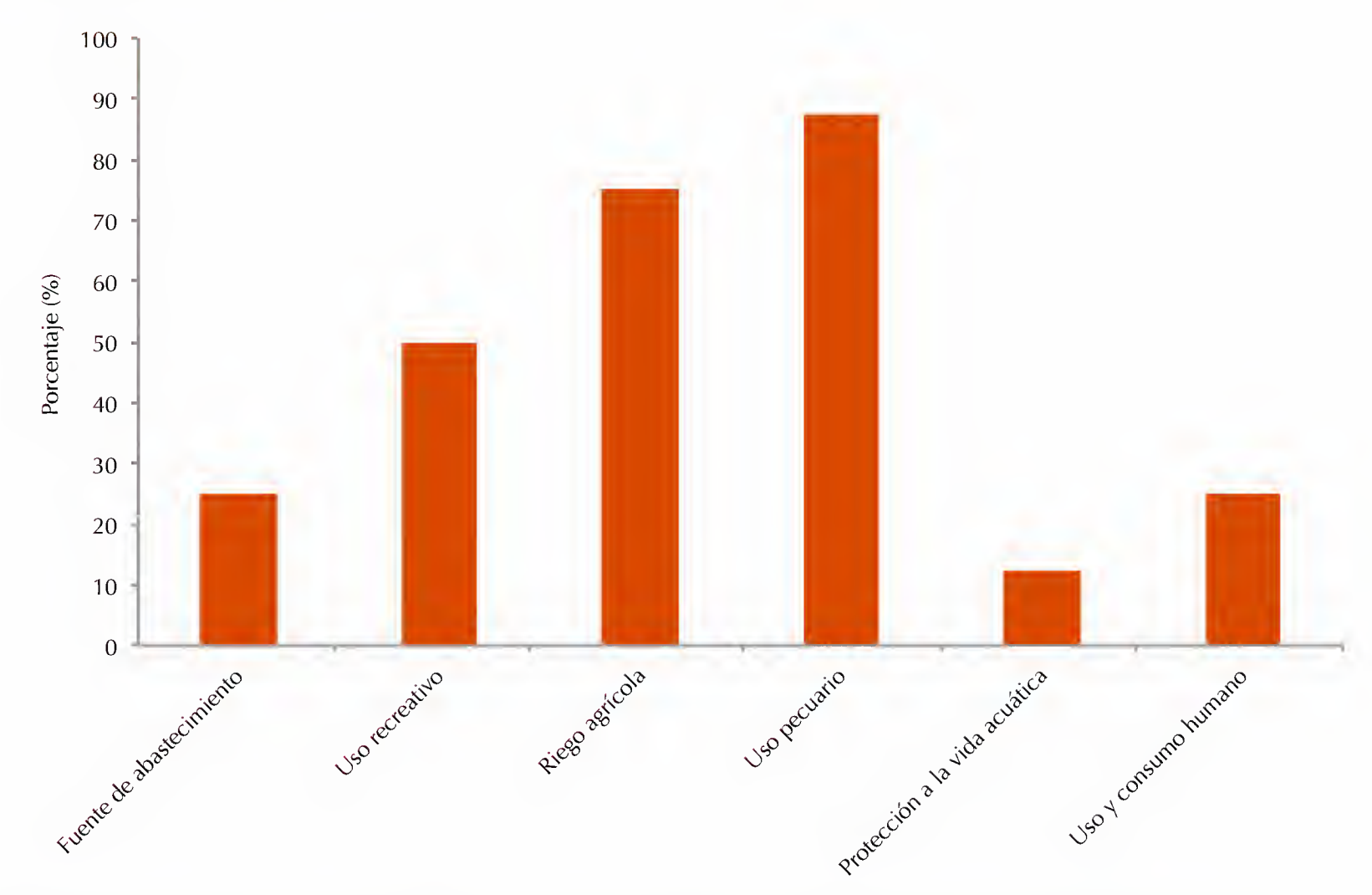


FIGURA 2. Uso potencial del agua de los ríos de Michoacán, con base en los CE-CCA-001/89 y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Fuente: SEDUE 1989, SSA 2000.

monitorear y tratar para mejorar la calidad del agua de los ríos de la entidad, entre los que sobresalen las bacterias coliformes, el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos y suspendidos, y nutrientes como sulfatos, fosfatos, nitratos y amonio.

Con respecto al grado de contaminación de los ríos del estado, con base en el Índice de la Calidad del Agua (ICA), propuesto por León (1991) para México y expresado como porcentaje de agua pura, el río Celio presenta un ambiente no contaminado, con un valor del ICA de 92.4%. Los sistemas que presentan un ICA aceptable refieren al agua de la cabecera del río, como en la parte alta de la cuenca del río Chiquito en Morelia, o el río Cupatitzio en Uruapan; mientras que los sistemas lóticos con un valor de ICA preocupante son la parte baja del río Cupatitzio y los ríos de la región Lerma-Chapala, así como el sistema hidrológico del trópico seco (La Huacana), en éstos el agua se designa como poco contaminada. Cabe resaltar que los ríos con problemas severos de contaminación son el río Grande de Morelia y la sección baja del río Lerma, ya que presentan un ICA menor a 40%, es decir, su agua se cataloga como contaminada (cuadro 2).

Presas

Referente a la calidad del agua de las presas, aquellas mejor conservadas por contener poca materia orgánica, así como baja concentración de nutrientes (fósforo, nitrógeno y sulfatos) y escasa productividad primaria, se ubican al oriente de la entidad, en las colindancias geográficas del municipio de Hidalgo (Enciso 2014). Este tipo de embalses presentan mejor calidad del agua que algunos de sus tributarios, debido a procesos de autodepuración (Wetzel 2001).

En la mayoría de los embalses, como la presa de Cointzio, La Mintzita, el embalse de Villagrán y las presas de la subcuenca del río Cupatitzio, el contenido de coliformes fecales, así como las concentraciones de fósforo reactivo, nitritos y partículas disueltas, hacen que el líquido que almacenan sea apto para el riego agrícola y el uso pecuario, no así como para el abastecimiento de agua potable o el uso y consumo humano, ya que no cumple con los criterios para la protección de la vida acuática y requiere de un tratamiento previo para destinarse a dichas actividades (figura 3).

En la última década se han incrementado las investigaciones que permiten caracterizar y señalar las deficiencias en la calidad del agua de este tipo de represas en el estado. La mayoría de las contribuciones señalan que los parámetros que se deben monitorear y tratar son: fosfatos, nitritos, amonio, sulfatos y la comunidad bacteriana coliforme (Béjar 1983, Castro 1988, Hurtado 1997, Arévalo 1999, Ledesma 2001, Gómez 2003, Solorio 2004, Galván 2005, Pérez 2008, Vázquez 2008, Hernández 2009, Álvaro 2010, Cansino 2011*b*, Aguilera 2012, Avilés 2012, Calderón 2012, Peñalosa 2012, Aguilera 2013, García 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Calidad del agua de los principales ríos.

Río	Municipio	Valor ICA	Designación
Río Celio	Zamora	92.4	No contaminado[2]
Parte alta del río Chiquito	Morelia	75.7	Aceptable[3]
Río Marqués	Gabriel Zamora	70.0	Aceptable[4]
Parte alta río Cupatitzio	Uruapan	70.0	Aceptable[4]
Río Lerma, Puente Tungareo	La Piedad	68.0	Poco contaminado[1]
Río Angulo, Villa Jiménez	Villa Jiménez	65.5	Poco contaminado[1]
Parte baja río Cupatitzio	Uruapan	64.5	Poco contaminado[4]
Río Tepalcatepec	Tepalcatepec	64.5	Poco contaminado[1]
Río San Pedro Jorullo	La Huacana	59.5	Poco contaminado[5]
Río Lerma, aguas arriba de La Piedad	La Piedad	53.4	Poco contaminado[1]
Río Duero La Estanzuela	Zamora	53.2	Poco contaminado[1]
Río Lerma, aguas abajo de La Piedad	La Piedad	41.5	Contaminado[1]
Río Grande de Morelia	Morelia	38.1	Contaminado[1]

ICA: Índice de la Calidad del Agua.
Fuente: [1]Solórzano 1998, [2]Solorio 2004, [3]Sánchez y Molina 2011, [4]Avilés 2012, [5]Rodríguez 2012.

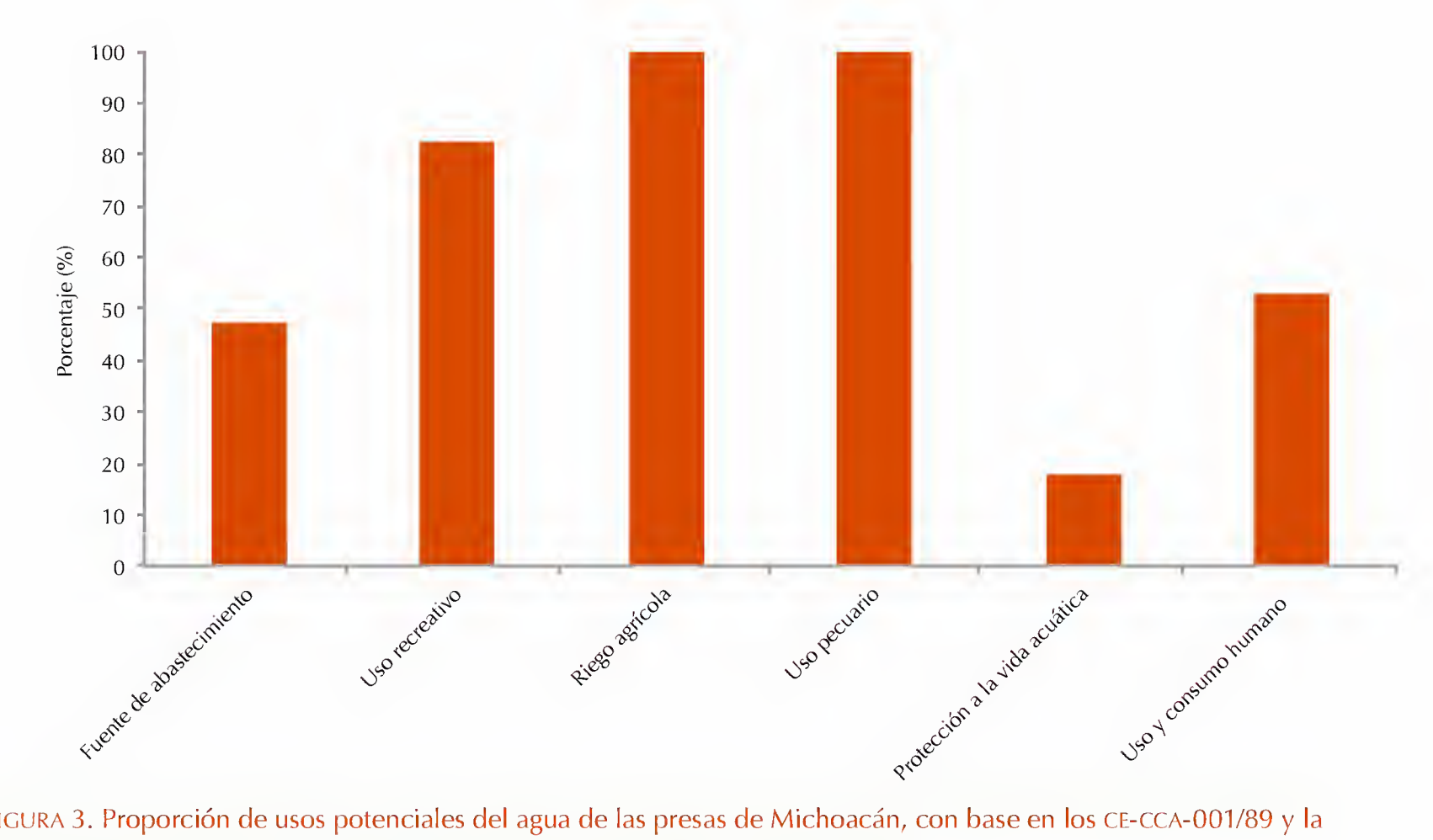


FIGURA 3. Proporción de usos potenciales del agua de las presas de Michoacán, con base en los CE-CCA-001/89 y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (SSA 2000). Fuente: SEDUE 1989, SSA 2000.

Considerando su ICA, se estima que los embalses con mejor calidad del agua son El Cueramal, La Zarcita y Loma Caliente, ubicados en los municipios de Churumuco, Zacapu y Morelia, respectivamente, catalogados como sistemas no contaminados. Con una calidad de agua aceptable se encuentran ocho presas; las que alcanzan mejor calidad del agua se encuentran al oriente, en el municipio de Hidalgo, mientras que los sistemas con problemas de contaminación se localizan en la subcuenca del río Cupatitzio y el municipio de Contepec (cuadro 3).

Lagos

La calidad del agua de algunos de los sistemas lacustres en la entidad es menor a la de los embalses artificiales,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Calidad del agua de las principales presas.

Presa	Municipio	Valor ICA	Designación
Parque La Zarcita	Zacapu	93.2	No contaminado[7]
Presa El Cueramal	Churumuco	92.2	No contaminado[4]
Presa Loma Caliente	Morelia	92.2	No contaminado[10]
Presa Sabaneta	Hidalgo	85.0	Aceptable[9]
Presa Agostitlán	Hidalgo	85.0	Aceptable[15]
Presa de Cointzio	Morelia	83.4	Aceptable[13, 14]
Presa Umécuaro	Morelia	82.9	Aceptable[8, 12]
Presa La Mintzita	Morelia	79.7	Aceptable[5]
Presa Adolfo López Mateos, Infiernillo	Arteaga	76.7	Aceptable[2]
Presa Zicuirán	La Huacana	76.7	Aceptable[1, 3]
Presa Caltzontzin	Uruapan	75.3	Aceptable[11]
Presa Jicalán	Uruapan	64.6	Poco contaminado[11]
Presa Zumpimito	Uruapan	63.6	Poco contaminado[11]
Presa Cupatitzio	Uruapan	60.4	Poco contaminado[11]
Presa Tepuxtepec	Contepec	57.3	Poco contaminado[6]

ICA: Índice de la Calidad del Agua.
Fuente: [1]Béjar 1983, [2]Castro 1988, [3]Hurtado 1997, [4]Arévalo 1999, [5]Gómez 2003, [6]Solorio 2004, [7]Galván 2005, [8]Pérez 2008, [9]Hernández 2009, [10]Álvaro 2010, [11]Avilés 2012, [12]Calderón 2012, [13]Cansino 2012, [14]Peñalosa 2012, [15]García 2014.

ya que la mayoría puede emplearse para el uso recreativo de contacto primario y el uso pecuario, restringiéndose el lago de Cuitzeo para el riego agrícola, debido a que presenta mayores concentraciones de sólidos y sales disueltas. Cabe resaltar que los sistemas lacustres y reservorios naturales del estado ostentan un grado de contaminación que rebasa los límites permisibles para la protección de la vida acuática nativa, limitando además su uso como fuente de agua potable y el uso para consumo humano (figura 4).

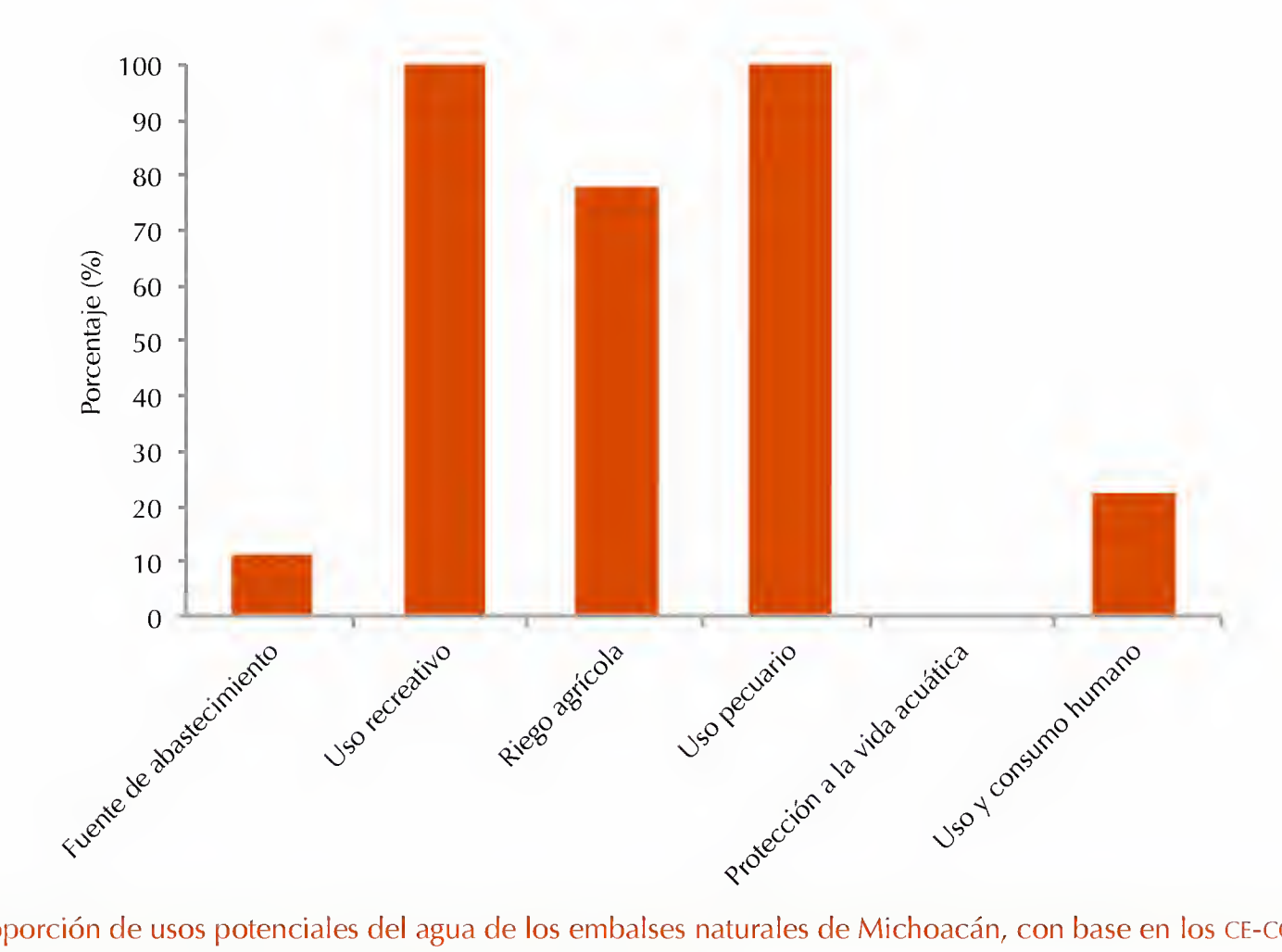


FIGURA 4. Proporción de usos potenciales del agua de los embalses naturales de Michoacán, con base en los CE-CCA-001/89 y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Fuente: SEDUE 1989, SSA 2000.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Calidad del agua de los lagos.

Lago/Laguna	Municipio	Valor ICA	Designación
Lago de Camécuaro	Tangancícuaro	91.2	No contaminado[7]
Lago de Zirahuén	Salvador Escalante	85.5	No contaminado[1]
Laguna de Zacapu	Zacapu	75.8	Aceptable[3]
Lago de Pátzcuaro	Pátzcuaro	65.2	Poco contaminado[2, 8]
Lago Cráter Alberca de Teremendo	Morelia	60.8	Poco contaminado[6]
Lago Cráter de Tacámbaro	Tacámbaro	59.3	Poco contaminado[6]
Lago de Cuitzeo	Cuitzeo	57.5	Poco contaminado[4, 5]
Lago Cráter de Los Espinos	Villa Jiménez	52.6	Poco contaminado[6]

ICA: Índice de la Calidad del Agua.

Fuente: [1]Rosas 1997, [2]Solórzano 1998, [3]Escutia 2005, [4]Herrera 2007, [5]Huacuz 2007, [6]Hernández 2011, [7]Hernández 2012, [8]Ramírez 2012.

Algunas caracterizaciones fisicoquímicas indican que los parámetros que rebasan los límites máximos permisibles y deben ser tratados son: fosfatos, nitratos, nitritos y amonio, sólidos totales, disueltos y suspendidos, sulfatos, bacterias coliformes y pH (Rosas 1997, Bernal-Brooks 1998, Escutia 2005, Herrera 2007, Huacuz 2007, Cansino 2011*a*, Hernández 2011, Suchite 2011, Hernández 2012, Ramírez 2012).

Con respecto al ICA, se establece que dos de los sistemas lacustres de Michoacán presentan excelente calidad del agua, catalogados según su ICA como ambientes no contaminados: el lago de Camécuaro y el lago de Zirahuén. Sólo un ecosistema tiene calidad del agua designada como aceptable (laguna de Zacapu). Cabe resaltar que, para los lagos del centro del estado, como el lago de Cuitzeo y el lago de Pátzcuaro, así como los lagos cráter, el ICA los clasifica como poco contaminados, aunque se consideran ecosistemas con problemas de contaminación (cuadro 4).

Agua subterránea

Gran parte de la superficie del estado presenta importantes reservas de agua subterránea que son aprovechadas por cauces emergentes, como manantiales, pozos de poca profundidad y profundos. Se estima que la mayor proporción de agua se encuentra en acuíferos formados por materiales de permeabilidad variable (consolidados o no consolidados). Algunos de los municipios que presentan un volumen considerable de agua subterránea de buena calidad son Tangancícuaro, Maravatío, Zamora, La Piedad, Los Reyes, Peribán, Zacapu, Morelia y Queréndaro, excepto los reservorios cercanos a la sección baja del lago de Cuitzeo y la presa El Malpaís, los aledaños a zonas con actividad geotérmica y aquellos que se encuentran inmersos en la mancha urbana (Correa *et al.* 2003).

El agua del acuífero del lago de Cuitzeo, así como la que drena de las infiltraciones de basaltos de permeabilidad alta en el Bajo Balsas (La Huacana), exhiben el deterioro de la calidad del agua freática, dada su cercanía a sitios con actividad geotérmica reciente así como a la deposición de sales por actividad minera, restringiendo su uso para el riego agrícola ya que posee un alto contenido de sales; además, el contenido de metales pesados y microorganismos patógenos limitan el uso y consumo humano de este recurso (figura 5; Páez 2008, Rodríguez 2012).

El análisis de algunos de los parámetros fisicoquímicos arroja que para mejorar la calidad del agua subterránea es necesario controlar las concentraciones de sulfatos, arsénico, sodio y los valores de conductividad eléctrica en la región del lago de Cuitzeo (Páez 2008); mientras que para la zona del río San Pedro Jorullo, en el Bajo Balsas, hace falta controlar las concentraciones de sulfatos, fosfatos, nitratos y el número de organismos coliformes (Rodríguez 2012).

Un acercamiento a la evaluación de la calidad del agua con base en el ICA, muestra que el agua subterránea de las cuencas del río Cupatitzio, el río San Pedro Jorullo y el lago de Cuitzeo presentan problemas de contaminación, por lo que se les designa como fuentes de agua poco contaminadas. Cabe hacer notar que el agua subterránea del manantial Santa Bárbara se sitúa dentro de la mancha urbana, mientras que los otros puntos de muestreo tienen influencia de zonas con actividad geotérmica (cuadro 5).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

El grado de contaminación actual de los sistemas acuáticos en el estado se debe a las descargas de aguas residuales de tipo doméstico e industrial, a la lixiviación de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

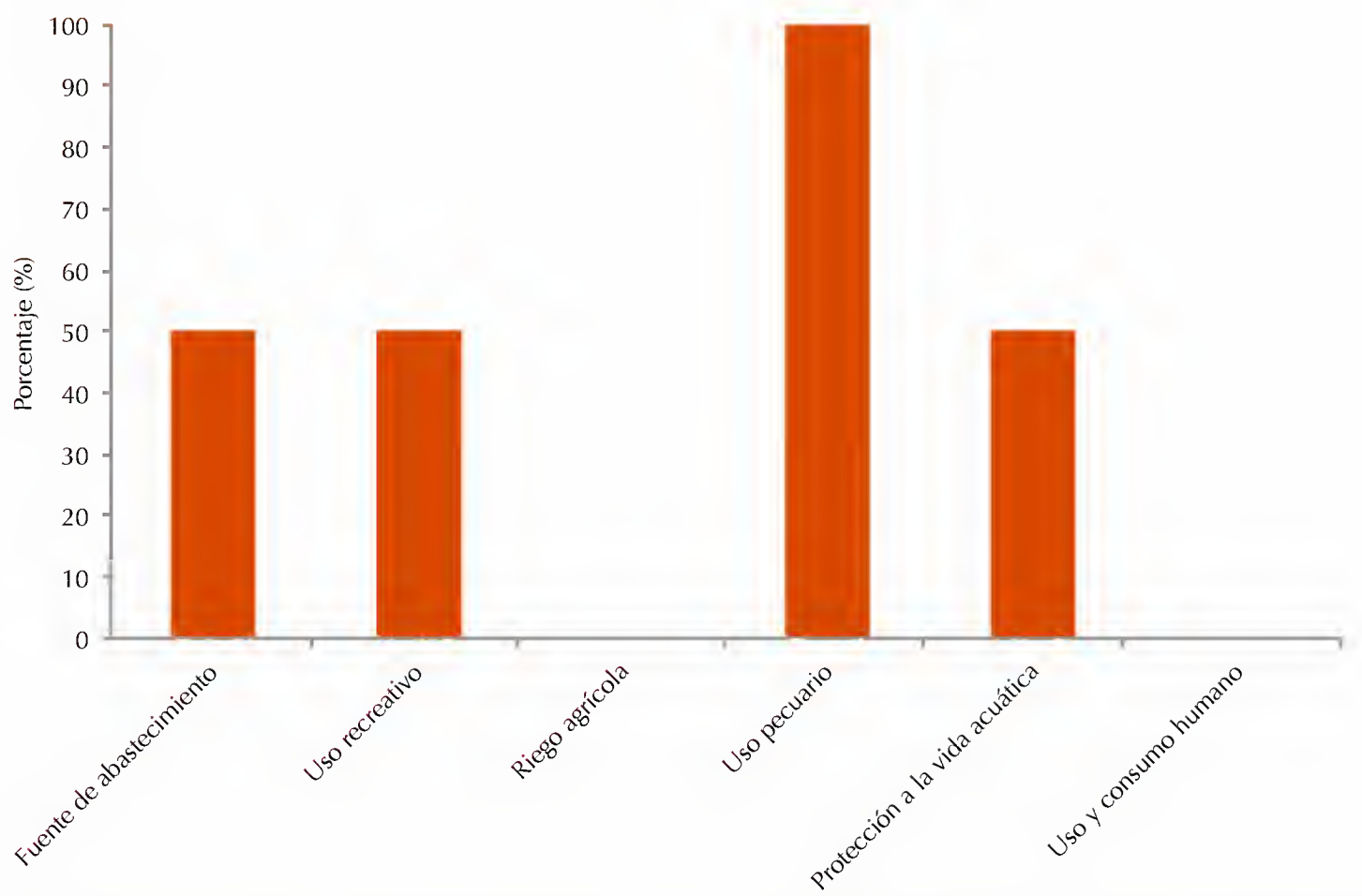


FIGURA 5. Proporción de usos potenciales del agua subterránea de las cuencas Arroyo San Pedro Jorullo y la del río Cutzamala, con base en los CE-CCA-001/89 y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994.

CUADRO 5. Calidad del agua de algunos manantiales.

Manantial	Municipio	Valor ICA	Designación
Manantial Santa Bárbara	Uruapan	69.45	Poco contaminado[2]
Manantial Cupatitzio	Uruapan	67.7	Poco contaminado[2]
Manantial Mata de Plátanos	La Huacana	57.5	Poco contaminado[3]
Manantial de Copales	La Huacana	51.7	Poco contaminado[3]
Manantiales de Cuitzeo	Cuitzeo	45	Poco contaminado[1]

ICA: Índice de la Calidad del Agua.
Fuente: [1]Paéz 2008, [2]Avilés 2012, [3]Rodríguez 2012.

compuestos inorgánicos de zonas agrícolas y frutícolas, así como a la contaminación orgánica aportada por las actividades pecuarias y piscícolas (Solórzano,1998). Por ello, se debe regular el aporte nutrimental y de sales inorgánicas a estos ambientes altamente vulnerables, tratando el agua contaminada para optimizar el gasto hídrico y permitir un aprovechamiento racional del mismo.

Asimismo, se debe considerar que algunos de los sistemas acuáticos de Michoacán se encuentran amenazados no sólo por la contaminación de origen antropogénico, sino también por la alta demanda del recurso hídrico, la cual se refleja en la sobreexplotación ocasionada por la extracción irracional del volumen contenido en los vasos de captación de algunos lagos, tal es el caso del lago de Zirahuén, del cual se extraen volúmenes importantes para el riego de cultivos de aguacate (Gómez-Tagle *et al.* 2013), así como algunos embalses de la región oriente, en particular las presas El Bosque y Mata de Pinos (en Agostitlán), de las cuales se obtiene el vital líquido para el riego agrícola, siendo utilizado el primer embalse para el abastecimiento de agua potable hacia el sistema Cutzamala que surte a estados vecinos y a la Ciudad de México (Aguilera 2013).

Los ríos con un nivel de contaminación de moderado a severo se encuentran en los municipios de La Piedad, Morelia, Villa Jiménez, Uruapan, Tepalcatepec y La Huacana, los cuales se degradaron por el vertimiento de aguas residuales generadas por las zonas urbanas, los lixiviados de tiraderos de basura a cielo abierto, así como de zonas pecuarias, frutícolas y agrícolas, la descarga de grasas y aceites e hidrocarburos (Solorio 2004, Villalobos 2007, Elizarrarás 2011, Molina 2011, Segura 2011, Avilés 2012, Rodríguez 2012).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los cuerpos de agua lénticos (aguas estancadas sin movimiento) con mayor contaminación, como lagos, lagunas y presas, se ubican en los municipios de Cuitzeo, Pátzcuaro, Morelia, Tacámbaro, Villa Jiménez, Uruapan y Contepec. El mal manejo de estas cuencas hidrográficas ha generado disturbios en la columna del agua, incrementando la carga iónica y nutrimental, el número de partículas suspendidas y la productividad acuática. Esta contaminación también es favorecida por las descargas de aguas residuales, ya que aportan sustancias inorgánicas que al aumentar su concentración son tóxicas o potencialmente tóxicas para el desarrollo de la vida acuática (Béjar 1983, Castro 1988, Rosas 1997, Bernal-Brooks 1998, Arévalo 1999, Ledesma 2001, Solorio 2004, Escutia 2005, Galván 2005, Herrera 2007, Huacuz 2007, Pérez 2008, Vázquez 2008, Hernández 2009, Álvaro 2010, Cansino 2011*a*, 2011*b*; Hernández 2011, Suchite 2011, Aguilera 2012, Avilés 2012, Calderón 2012, Hernández 2012, Peñalosa 2012, Ramírez 2012, Aguilera 2013, García 2014).

Por otro lado, la calidad del agua de los acuíferos y cauces subterráneos ha mostrado que los manantiales que presentan mayor grado de contaminación son los asociados a zonas con actividad geotérmica reciente, así como los que se ubican dentro de la mancha urbana, ya que se contaminan por los lixiviados de tiraderos de basura a cielo abierto, por infiltraciones de agua residual, por la descarga de grasas, aceites, hidrocarburos y productos agrícolas, como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas (Páez 2008, Rodríguez 2012, Maldonado 2015).

Además, los sistemas de riego del estado son ineficientes, ya que de acuerdo con la CONAGUA (2013), en México siete de cada 10 litros de agua se utilizan para la agricultura de riego y lamentablemente la mitad de ésta se pierde por evapotranspiración, manejo ineficiente o infiltración.

CONCLUSIONES

Michoacán alberga un gran número de ecosistemas de agua dulce, de los cuales los que aportan la mayor reserva hídrica son las presas y reservorios construidos por el hombre. El vital líquido se encuentra en mayor proporción en la región económica del Bajío, que comprende los municipios de Zacapu, Tangancícuaro, Zamora, Jacona, Villa Jiménez, entre otros.

En general, en las regiones del sistema Cutzamala y Balsas se presenta 32% y 5.1% del total del recurso hídrico, ambos con un severo grado de contaminación. También las subcuencas cercanas al río Lerma presentan altos índices de contaminación, propiciando el deterioro de la salud pública de los asentamientos urbanos adyacentes.

Los ríos con un nivel de contaminación de moderado a severo se encuentran en los municipios de La Piedad, Morelia, Villa Jiménez, Uruapan, Tepalcatepec y La Huacana.

Los cuerpos de agua lénticos (aguas estancadas sin movimiento) con mayor contaminación se ubican en los municipios de Cuitzeo, Pátzcuaro, Morelia, Tacámbaro, Villa Jiménez, Uruapan y Contepec, ya que el mal manejo de sus cuencas hidrográficas ha generado disturbios en la columna de agua, incrementando la carga iónica, el número de partículas suspendidas, la carga nutrimental y la productividad acuática.

La calidad del agua de los acuíferos y cauces subterráneos muestra que los manantiales que presentan mayor grado de contaminación son los asociados a zonas con actividad geotérmica reciente, así como los que se ubican dentro de manchas urbanas.

Se deben monitorear de forma continua los parámetros fisicoquímicos que indican contaminación en los sistemas acuáticos: nutrientes (fósforo, formas inorgánicas de nitrógeno como nitritos, nitratos y amonio, así como sulfatos), demanda bioquímica y química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y sedimentables, pH, metales pesados (plomo, mercurio, arsénico y otros metaloides), así como los organismos microbianos patógenos de origen coliforme.

Algunas acciones para evitar la contaminación de los recursos hídricos del estado son:

- Desarrollar un programa para separar el agua pluvial del sistema de drenaje y alcantarillado que conduce agua residual, para que el agua de lluvia sea vertida a los ríos y cuerpos de agua lénticos sin trasladar contaminantes, así como hacer eficiente la conducción de aguas residuales a las plantas de tratamiento
- Restringir el aporte de detergentes y de contaminantes por descargas domésticas e industriales puntuales
- Verificar el cumplimiento de las condiciones de descarga del agua residual de los desarrollos industriales, así como de la zona urbana, emitiendo sanciones de acuerdo con la ley para los infractores en la materia
- Delimitar la zona de pastoreo en los terrenos de agostadero aledaños a los embalses, debido a que esta actividad contribuye a la erosión del suelo y aporta a la carga orgánica al espejo de agua
- Evitar la deforestación clandestina y establecer un programa de conservación del ecosistema forestal y de la cobertura vegetal en general, para evitar la erosión del suelo, reduciendo la sedimentación del cuerpo de agua
- Evitar la venta de terrenos en las zonas aledañas a los embalses y ríos, para detener el desarrollo de fraccionamientos y zonas habitacionales que afec-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ten la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos continentales e impidan la protección de la vida acuática

- Las actividades de extracción deben normarse y aplicarse jurídicamente para no agotar la reserva contenida en los recursos acuáticos
- Asegurar el funcionamiento y eficiencia de las plantas de tratamiento de agua residual, considerando el tipo de contaminante que se traslada a los sistemas acuáticos y la limitación nutrimental de los mismos
- Establecer un programa de monitoreo ambiental para los diversos cuerpos de agua del estado, con el objeto de disponer información confiable y periódica, ya que existen diversas causales de contaminación no evaluadas y que atentan contra la salud pública y la protección de la vida acuática, como la minería, el uso de compuestos orgánicos aromáticos e inorgánicos tóxicos
- Construir una red de monitoreo del agua subterránea, sobre todo en las colindancias de los municipios de Cuitzeo, Morelia, Queréndaro, Zinapécuaro, Tangancícuaro, Zamora, Jacona, Uruapan, La Huacana y Churumuco, para emitir alertas en caso de que la calidad del agua decrezca por eventos locales
- Implementar asesorías a los habitantes de la localidad, encaminadas a la tecnificación del riego (por goteo y por aspersión), con el propósito de que se haga un uso eficiente del agua
- Realizar programas de educación ambiental dirigidos al conocimiento del recurso hídrico, su potencial y aprovechamiento, proponiendo estrategias de uso diversificado bajo un esquema de conservación, así como promover la concientización sobre el valor ambiental, social y económico del agua en general

REFERENCIAS

Aguilera, M.S. 2012. *Evaluación de la calidad del agua de la presa de Pucuato, municipio de Hidalgo, Michoacán.* Informe técnico. Programa de Investigación de la Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH, Morelia.

——. 2013. *Estudio de la calidad del agua de la presa* de Agostitlán (*Mata de Pinos) municipio de Hidalgo, Michoacán, México.* Informe técnico. Programa de Investigación de la Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH, Morelia.

Alcocer, J. y F.W. Bernal-Brooks. 2010. Limnology in México. *Hidrobiología* 644:15-68.

Álvaro, G. 2010. *Evaluación de la calidad del agua de la presa Loma Caliente, municipio de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Arévalo, R. 1999. *Variación estacional de la composición del zooplancton de la presa El Cueramal, municipio de Churumuco, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Arreguín, F.I., P. Martínez Austria y V. Trueba. 2004. El agua en México. Una visión institucional. En: *El agua en México: una vista desde la academia*. B. Jiménez Cisneros, L.E. Marín, O. Escolero Fuentes y J. Alcocer (eds.). Academia Mexicana de Ciencias, México, pp. 251-270.

Avilés, M.L. 2012. *Caracterización fisicoquímica y biológica (clorofila y coliformes) de la subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Béjar, L.C. 1983. *Contribución al conocimiento de la biología de la mojarra criolla Cichlasoma istlatum (Jordan & Snyder) de la presa Zicuirán, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bernal-Brooks, F.W. 1998. *La limnología del lago de Pátzcuaro: una visión alternativa a conceptos fundamentales.* Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM, México.

Bernal-Brooks, F.W. e I. Israde A. 2012. *Atlas pesquero y acuícola de Michoacán.* Gobierno del Estado/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación/UMSNH, Morelia.

Calderón, A. 2012. *Calidad de agua en la presa de Umécuaro, Michoacán, por el efecto de un sistema de pulso.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Cansino, R. 2011*a*. *Evaluación de la calidad del agua y el estado trófico en el lago cráter de Teremendo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2011*b*. *Dinámica anual y estacional de las variables fisicoquímicas y el estado trófico en la presa de Cointzio, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Castro, A.C. 1988. *Búsqueda de Campylobacter* sp., *Yersinia enterolitica y Vibrio parahaemolyticus en Tilapia sp. en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo, Mich, Gro.) después de su hábitat, proceso y después de su industrialización.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2013. *Estadísticas del agua en México.* SEMARNAT, México.

Correa, G., F. Vargas, J.S.L. Bravo *et al.* 2003. *Atlas geográfico del estado de Michoacán.* Editorial EDDISSA, México.

Elizarrarás R., M.J. 2011. *Estudio de la contaminación del agua en el meandro del río Lerma en La Piedad, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Enciso, P. 2014. Estudios de calidad del agua en seis presas de dos regiones hidrológicas; RH-18 Balsas y RH-12 Lerma-Chapala en el estado de Michoacán. Memoria de licenciatura en biología. UMSNH, Morelia.

Escutia, L.Y. 2005. *Análisis de la calidad del agua en la laguna de Zacapu, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Galván, Q.S. 2005. *Calidad del agua en el parque La Zarcita, Zacapu, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

García, R. 2014. *Calidad del agua de la presa Agostitlán (Mata de Pinos) municipio de Hidalgo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Garduño, V.H., P. Corona Chávez, I. Israde-Alcántar *et al.* 1999. *Carta Geológica de Michoacán Escala 1:250 000.* UMSNH, Morelia.

Gómez-Tagle, Ch., X. Madrigal-Guridi, I. Israde-Alcantar *et al.* 2013. *Diagnóstico rápido del lago de Zirahuén.* Informe técnico. Programa de Investigación de la Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gómez, M.J. 2003. *Evaluación de la calidad del agua con base en los parámetros fisicoquímicos, productividad primaria y análisis bacteriológico de la presa La Mintzita, municipio de Morelia, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hernández, M.A. 2012. *Calidad del agua del lago de Camécuaro, municipio de Tangancícuaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hernández, R. 2011. *Fitoplancton de los lagos cráter de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hernández, P.H. 2009. *Evaluación de la calidad del agua de la presa de Sabaneta municipio de Hidalgo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Herrera, M.A. 2007. *Evaluación de metales pesados y arsénico en agua y sedimentos en el lago de Cuitzeo.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Huacuz, J.A. 2007. *Caracterización fisicoquímica y calidad del agua en el vaso este del lago de Cuitzeo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hurtado, V. 1997. *Dinámica de los nutrientes y productividad primaria de la presa Zicuirán, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2006. Estadísticas a propósito del día mundial del agua. Datos nacionales. INEGI, México.

Ledesma, F.A. 2001. *Calidad del agua de la presa La Mintzita, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

León, L.F. 1991. *Índice de calidad del agua, ICA, Inf. # SH-9101/01.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Maldonado, B. 2015. *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de fuentes subterráneas de agua potable en la localidad de Irimbo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Molina, I. 2011. *Evaluación de la calidad del agua de la red hidráulica superficial de la parte sur sureste del municipio de Morelia, Michoacán: hacia un modelo de gestión.* Tesis de maestría en ciencias en ingeniería ambiental. UMSNH, Morelia.

Páez, A. 2008. *Evaluación de la concentración de arsénico y calidad del agua subterránea en función de su manejo en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Peñalosa, F. 2012. *Evaluación de la calidad del agua de la presa Cointzio, municipio de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pérez, N.M. 2008. *Evaluación de la calidad del agua de la presa de Umécuaro, municipio de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ramírez, M. 2012. *Caracterización fisicoquímica y biológica (productores primarios y bacterioplancton heterótrofo) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rodríguez, Y. 2012. *Evaluación de la calidad del agua de la cuenca del Arroyo San Pedro Jorullo, con base en el análisis microbiológico y aniones predominantes.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rosas, M.C. 1997. *La cuenca del lago de Zirahuén: los avances del deterioro.* Tesis de maestría. UMSNH, Morelia.

Sánchez, H.E. 2011. *Calidad del agua y contexto social como base para la planeación y gestión de cuencas periurbanas. El caso del río Chiquito, Morelia, Michoacán.* Tesis de maestría. CIGA-UNAM, Michoacán.

SSA. Secretaría de Salud. 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada el 20 de octubre de 2000 en el DOF. Texto vigente.

Segura, M.V. 2011. *Taxonomía y ecología de las diatomeas epilíticas de la cuenca del Alto Lerma, México.* Tesis de doctorado en ciencias del mar y limnología. UNAM, México.

SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Publicado el 13 de diciembre de 1989 en el DOF. Texto vigente.

SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2009. Carta Michoacán. Escala 1:450 000. SCT, México.

Solorio, O.E. 2004. *Aspectos biológicos y distribución de Moxostoma austrinum (Bean: 1880) (Ostheichtyes: Catostomidae) en la cuenca Lerma-Chapala en Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Solórzano, E. 1998. *Evaluación de la calidad del agua del estado de Michoacán, periodo 1986-1995.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Suchite, A.T. 2011. *Calidad del agua del lago cráter La Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vázquez, A.A. 2008. *Limnología de cuatro sistemas acuáticos de la subcuenca de Morelia, Michoacán.* Tesis de maestría en ciencias en limnología y acuicultura. UMSNH, Morelia.

Villalobos, B. 2007. *Contenido de metales pesados en agua y sedimento en la desembocadura del río Grande de Morelia en el lago de Cuitzeo.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology.* Academic Press, California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Deterioro ambiental: causas y consecuencias sobre la biodiversidad

JUAN PULIDO SECUNDINO Y MARCIAL FERNÁNDEZ RIVERA

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental en el estado se manifiesta desde hace varios siglos a través de distintos procesos y factores. Los impactos se han reflejado de forma paulatina en la menor calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, los procesos de deterioro ambiental en fechas recientes han aumentado debido a la fuerte presión sobre los recursos naturales y a diversos aspectos socioeconómicos, incluyendo políticas públicas inadecuadas. Este fenómeno es importante en Michoacán, donde hasta 2005 se tenían identificadas aproximadamente 9 509 especies de organismos vivos, de las cuales 204 son nativas del estado (Villaseñor 2005) y están amenazadas en su diversidad, en menor o mayor grado, por las actividades antrópicas.

En un estudio, Monterrubio-Rico *et al.* (2014) indicaron la importancia en diversidad y endemismos de los mamíferos en el estado, y reportaron registros de 161 especies correspondientes a nueve órdenes, 25 familias y 94 géneros, que representan 32% de las especies de México. Pero los estudios de riqueza de especies no son suficientes para mostrar todos los impactos, los factores que los promueven y las causas de fondo que explican la magnitud actual y futura del deterioro ambiental.

Por ello, en este estudio se analizan los impactos del deterioro ambiental sobre la biodiversidad en las últimas décadas, utilizando como fuente principal las observaciones directas de campo, la percepción de productores rurales y la información disponible en la literatura científica y técnica. El objetivo es resaltar los impactos del deterioro sobre la biodiversidad a través de algunos ejemplos de procesos y especies en particular, y definir los retos para su conservación.

EL CONCEPTO

Aunque el concepto de deterioro ambiental no se encuentra definido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, se realizó una compilación de diferentes definiciones dadas por diversas agencias internacionales, con el fin de establecer un marco conceptual alrededor de este término y sus implicaciones (cuadro 1).

En general, son escasos los documentos que incluyen una definición del concepto, tal parece se da por entendido que existe un consenso sobre su significado. De las definiciones revisadas se observa que todas implican

Pulido-Secundino, J. y M. Fernández-Rivera. 2019. Deterioro ambiental: causas y consecuencias sobre la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. III. CONABIO, México, pp. 357-369.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Definiciones sobre deterioro ambiental.

Definición	País	Referencia
Alteración que sufren uno o varios elementos que conforman los ecosistemas, ante la presencia de un elemento ajeno a las características y la dinámica propias de los mismos	México	SEMARNAP *et al.* 1997
Procesos de alteración de las características que determinan la calidad del medio ambiente que provoca la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad productiva de los suelos y otros recursos, debido a que se excede el ritmo natural de reemplazo de los mismos	República Dominicana	GFDD 2015
Alteración de uno o varios de los componentes del medio ambiente (por ejemplo, el aire, el suelo, el agua, etc.), situación que afecta en forma negativa a los organismos vivientes. Comprende a los problemas de contaminación ambiental y asimismo a los problemas ambientales referidos a la depredación de los recursos naturales	Perú	MINAM 2012

una disminución en la calidad de los recursos naturales. Además, incluyen algunos elementos importantes. Por ejemplo, en la definición propuesta por SEMARNAP *et al.* (1997) se considera la dinámica de los ecosistemas, ya que cualquier alteración desencadenará una serie de secuelas en el funcionamiento de los mismos. Por otra parte, en la definición propuesta por GFDD (2015) se hace énfasis en los efectos, es decir, en la pérdida de la biodiversidad y la disminución de la capacidad productiva. La definición del Ministerio de Medio Ambiente peruano (2012) se enfoca en los componentes que son alterados, ya que sin importar la naturaleza de los mismos repercute en los organismos vivos. Los anteriores aspectos servirán de base para el desarrollo de esta contribución.

La variedad de definiciones también es reflejo de que el deterioro ambiental puede ser abordado desde diversas perspectivas, por lo cual puede resumirse como: degradación de tierras, desertificación o degradación de paisajes, siempre con algunas diferencias en su acepción y aplicación, en función de la perspectiva con la que se aborden estos fenómenos complejos (figura 1).

La figura 1 ilustra las interacciones que se dan en diferentes esferas, aunque no muestra la complejidad de las interrelaciones con otros aspectos socioeconómicos, por ejemplo, la pobreza y las políticas públicas, así como la posibilidad de revertir el deterioro ambiental mediante el manejo sostenible de la tierra. En la figura se puede apreciar cómo la biodiversidad se ve afectada por los impactos de la desertificación (entendida como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de factores como las variaciones climáticas y las actividades humanas; ONU 1994) que está estrechamente relacionada con la pérdida de carbono de las reservas del suelo y la cobertura vegetal. Tanto el cambio climático como la desertificación juegan un papel de acción recíproca con la pérdida de la biodiversidad (MA 2005).

LAS CAUSAS

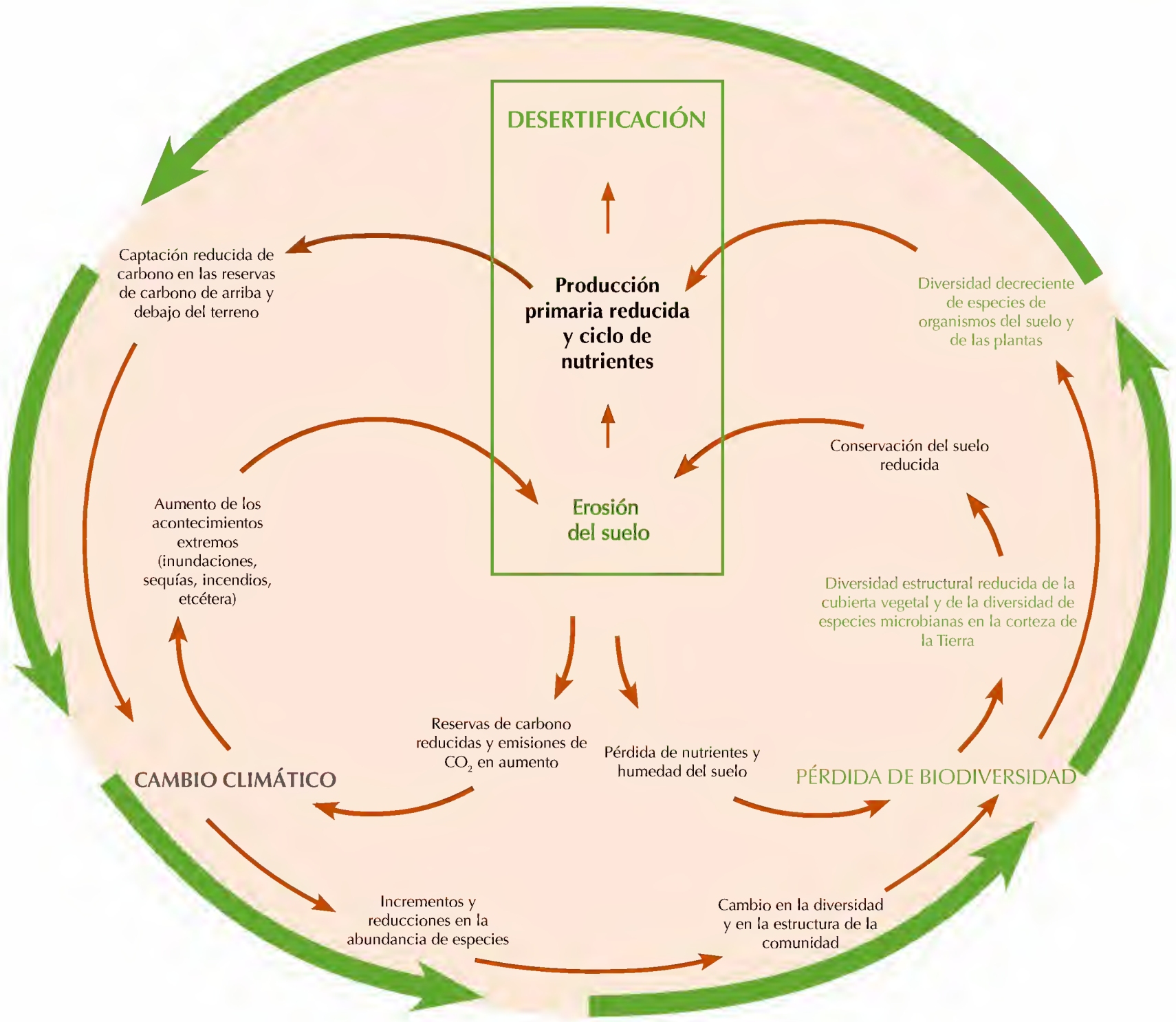
Un aspecto clave en el estudio y comprensión del deterioro ambiental es la identificación y diferenciación apropiada de las causas que lo originan. La importancia de esa correcta identificación se traducirá en políticas públicas adecuadas que permitan actuar directamente sobre el origen de la afectación. En muchos casos se comete el error de abordar sólo los síntomas del deterioro ambiental, sin tomar en cuenta las causas subyacentes o causas de raíz. Tal es el caso de la relación entre la deforestación y la pobreza (por ejemplo, en la sierra Purépecha y la región Oriente de Michoacán), ya que muchas de las políticas públicas se enfocan en "reducir la pobreza" mediante apoyos en especie o dinero en efectivo, de modo que se retroalimenta un círculo vicioso de dependencia, tanto de los apoyos externos como de la deforestación (en este caso para extracción de madera). El reto es identificar las causas subyacentes con la participación de los usuarios o poseedores de los recursos, y desarrollar alternativas, a mediano y largo plazo, a fin de que el aprovechamiento sea sostenible.

Para identificar y clasificar las causas del deterioro es recomendable distinguir entre las causas que son directas y las causas subyacentes o indirectas (Geist y Lambin 2004).

Asimismo, es importante identificar y ubicar la importancia relativa de los factores causales, ya que no actúan de manera aislada, además del peso relativo contextual que conllevan.

Las causas directas actúan después de las subyacentes, es decir, estas últimas son las causas de origen o

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



En verde: principales componentes de la biodiversidad involucradas en las interrelaciones.
En negras: Principales servicios afectados por las pérdidas de biodiversidad.

FIGURA 1. Vinculación entre los efectos de un deterioro ambiental hacia una desertificación y la consecuente pérdida de la biodiversidad. Fuente: MA 2005.

decisivas. También se deben diferenciar los procesos de las causas, ya que los primeros representan los síntomas visibles o tangibles del deterioro, pero en realidad son un reflejo de las causas. Algunos de los procesos más frecuentes son la contaminación, la erosión hídrica, la pérdida de cobertura vegetal y la salinización de tierras (Cheattho 2009). Como se ha indicado, en muchos casos los programas de mitigación y combate al deterioro ambiental se enfocan sólo a los procesos urgentes, dejando en segundo plano las causas, en especial las subyacentes, teniendo como resultado poco o nulo éxito en sus acciones.

Existen diversos planteamientos para determinar la importancia relativa de los factores causales del deterioro ambiental; por ejemplo, algunos autores plantean que la agricultura de subsistencia, la pobreza y el analfabetismo pueden ser causas importantes, sin embargo, es un punto en controversia, ya que otros especialistas muestran que el deterioro tiene raíces más diversas y complejas que las antes sugeridas (Warren 2002, Gisladottir y Stocking 2005, Abraham *et al.* 2006), y como continúa siendo un tema de discusión, la tendencia es aceptar la complejidad de las causas.

IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD

De manera general los impactos del deterioro ambiental sobre la biodiversidad pueden ser analizados de la siguiente manera:

Impactos directos: aquellos que causan la disminución o pérdida directa sobre la cantidad o estructura de las poblaciones, tales como la cacería indiscriminada y la deforestación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Impactos indirectos: son aquellos que implican en primer término un factor desencadenante que puede fomentar o estimular de manera importante la pérdida de biodiversidad, como la contaminación y disminución de cuerpos de agua, la erosión del suelo y el crecimiento de la mancha urbana.

En la figura 2 se muestra un esquema con las principales causas e impactos del deterioro ambiental, relacionados con la pérdida de biodiversidad en la entidad. Se trata de una aproximación que no pretende ser definitiva, ya que es un proceso en el que intervienen relaciones complejas.

DETERIORO AMBIENTAL Y PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Causas directas

- Deforestación y cambio de uso del suelo
- Actividades agrícolas y pecuarias no sostenibles
- Crecimiento urbano no sostenible
- Actividades extractivas a cielo abierto (minería)
- Incendios forestales

Impactos directos

- Fragmentación del paisaje
- Cambios en tamaño y estructura de poblaciones vegetales (degradación forestal)
- Disminución de especies animales y vegetales silvestres
- Disminución de especies acuáticas
- Disminución de materia orgánica y carbono del suelo

Causas subyacentes

- Modelo de desarrollo no sostenible
- Políticas públicas ambientales no adecuadas o no suficientes
- Presión demográfica
- Falta de conciencia ambiental

Impactos indirectos

Por agricultura convencional

- Disminución de biota edáfica
- Deterioro del suelo y disminución de su fertilidad
- Pérdida gradual de agrobiodiversidad
- Invasión de arvenses no deseadas ("malezas")
- "Abandono" de tierras y emigración

Por cambio climático

- Irregularidad de eventos meteorológicos
- Cambios en patrón de cultivos
- Plagas y enfermedades emergentes

Por expansión urbana

- Disminución de áreas verdes y de uso agrícola
- Impermeabilización del suelo urbano y de áreas de recarga de acuíferos
- Fragmentación de hábitats por red de caminos y carreteras
- Contaminación atmosférica y de cuerpos de agua por desechos

FIGURA 2. Principales causas e impactos del deterioro ambiental en Michoacán y su relación con la pérdida de biodiversidad. Fuente: elaboración propia con base en experiencia de campo y revisión de literatura: Geist y Lambin 2001, Núñez 2005, López y Bocco 2006, Antaramián 2007, Carlón y Mendoza 2007, Garibay y Bocco 2007, Bravo *et al.* 2009, Galán 2009, Garibay 2010, López-Barrera *et al.* 2010, Seefoó 2010, Vallejo-Rojas *et al.* 2010, Ortiz y Delfín 2011, SEMARNAT 2011, Cornejo-Tenorio *et al.* 2013, Pérez-Ramírez *et al.* 2013, Correa-Ayram *et al.* 2014, García-Oliva 2014, Hernández y Vieyra 2014, Larrazábal *et al.* 2014, Leff 2014, López-Granados *et al.* 2014, Pulido 2013, 2018; Queiroz *et al.* 2014, Ramírez-Herrejón *et al.* 2014, Sánchez y Urquijo 2014, Vieyra y Larrazábal 2014, Altieri *et al.* 2015, COFOM 2015, Fernández y Pulido 2015, González-Martínez *et al.* 2015, De la Tejera *et al.* 2016.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

IMPACTOS DIRECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Cobertura vegetal y fauna silvestre. El deterioro ambiental se manifiesta de diversas formas, pero una de las principales causas de la degradación y pérdida de la biodiversidad es el cambio de uso del suelo (CUS) que conlleva una disminución en la cobertura vegetal y en la calidad de los ecosistemas; esto se traduce en el aislamiento de comunidades vegetales y pérdida del hábitat de fauna silvestre, como consecuencia de la fragmentación del paisaje (Gurrutxaga y Lozano 2006); en el primer caso hay un impacto directo en las reservas de carbono, mientras que el segundo implica una disminución de especies animales y vegetales útiles al hombre.

En Michoacán, el cambio de cobertura forestal a uso frutícola, así como la extracción no sostenible de madera y leña, son ejemplos de la fragmentación del paisaje (Guerrero *et al.* 2008, Barsimantov y Navia 2012, INIFAP 2012). De acuerdo con Morales y Cuevas (2011) la superficie estatal de cultivo de aguacate pasó de 13 045 ha en 1974 a 112 125 ha en 2007. A la fecha continúa una tendencia creciente, incluso en regiones que tradicionalmente no se consideraban aguacateras, como el norte centro y oriente del estado.

La reducción de superficies con vegetación natural, principalmente selvas, bosques y matorrales (Bocco *et al.* 2001, Garibay y Bocco 2007, COFOM 2015) y el subsecuente deterioro de los hábitats para especies silvestres, implica una menor disponibilidad de alimentos, agua y espacio, y procesos secundarios de deterioro de los ecosistemas como la erosión del suelo. COFOM (2015) indica que de una superficie estatal de 5 873 103 ha, 61.2% es de uso forestal, 14.7% es de vegetación degradada y 4.6% se encuentra totalmente erosionada, valores muy altos considerando que son los niveles extremos de deterioro tanto de cobertura vegetal como de suelo, y que otras categorías de cobertura incluyen niveles inferiores de deterioro.

Aunado a la reducción de la cobertura vegetal ocurren cambios en la composición de poblaciones de vegetales y animales silvestres. Un ejemplo característico de los bosques templados es la disminución del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el cual de acuerdo con los habitantes del medio rural es cada vez más raro debido a la tala de árboles y a la mayor presencia de humanos. De igual manera, muchas especies de mamíferos como el conejo de monte (*Sylvilagus floridanus*) y el zorrillo (*Mephitis macroura, Conepatus mesoleucus* y *Spilogale putorius*), además de varias especies de reptiles y aves han disminuido en esos bosques, como es el caso de la gallina de monte coluda (*Dendrortyx macroura*; Chávez-León *et al.* 2003).

Al mismo tiempo, de acuerdo con estudios de caso del deterioro ambiental en la región Purépecha (Pulido 2014), se percibe un aumento de ciertas especies animales que muestran mayor capacidad de adaptación, tales como el coyote (*Canis latrans*), la ardilla (*Spermophilus variegatus*) y la tuza (*Zygogeomys trichopus, Cratogeomys* sp. y *Thomomys umbrinus*; Núñez 2005), los cuales aumentan su población hasta alcanzar un nuevo equilibrio con su ambiente modificado; en el primer caso se trata de un depredador principalmente nocturno y crepuscular (Núñez, 2005) que lo mismo ataca animales silvestres que ganado doméstico menor. La ardilla es considerada una plaga para diversos cultivos, ya que consume granos y brotes tiernos de diversas plantas. Por su parte, la tuza se ha vuelto una plaga para cultivos agrícolas, sobre todo en tierras de origen volcánico, por ser suaves y relativamente fáciles de cavar. Es importante señalar que a pesar de que la tuza se encuentra en peligro de extinción (Sánchez 2003), localmente ésta y otras especies se perciben como una seria amenaza para los cultivos agrícolas, principalmente para el maíz, ya que un sólo individuo puede afectar entre 5 y 20% de las plantas en una parcela.

En las áreas donde hay menor densidad de población humana, como por ejemplo en la parte media de la cuenca del Balsas y en la Sierra-Costa, los impactos sobre las especies animales no son tan fuertes, aunque la tendencia es al incremento de la degradación ambiental. Testimonios de habitantes de dichas regiones refieren que el venado y otras especies todavía son relativamente abundantes. Para el caso del venado lo anterior se sustenta en la capacidad de adaptación de esta especie a los ambientes modificados, y también porque en esas áreas la densidad humana es relativamente baja.

Especies silvestres de recolección. Con el deterioro ambiental y la extracción no sustentable de recursos forestales se ha propiciado la disminución de ciertas especies, animales, vegetales y de hongos, propias de los ecosistemas forestales. Entre estas se pueden señalar las siguientes:

Especies melíferas. Las generaciones pasadas en el medio rural tuvieron el privilegio de disfrutar de una alimentación sana, aunque a veces no suficiente. Entre los productos que consumían contaban con la miel de avispas melíferas (*Polybia* spp.; Argueta y Castilleja 2012), cuyas larvas también son consumidas como alimento (Ramos-Elorduy *et al.* 2007), las cuales son muy escasas actualmente. Entre muchas de las abejas silvestres, *Geotrigona acapulconis* desempeña una importante función en la polinización de plantas (Castañeda *et al.* 1999, Reyes-González *et al.* 2014), era común en diversas áreas según lo que comentan los productores rurales, incluyendo el área limítrofe entre Tierra Caliente y la región Purépecha. De acuerdo con Reyes-González (2015): "la principal causa de la disminución

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de abejas sin aguijón en diversos municipios de Tierra Caliente fue el deterioro de las cubiertas vegetales, expresado en la deforestación para las actividades agrícolas y ganaderas, además de la intensa extracción de nidos silvestres y los incendios, todo esto basado en la percepción y testimonios de la gente del medio rural en dichas áreas".

Hongos comestibles. Estas especies, también llamadas macromicetos, están particularmente asociadas a los bosques templados de pino-encino (Pardavé-Díaz *et al.* 2007, Chávez-León *et al.* 2009, Garibay-Orijel *et al.* 2009). De acuerdo con los productores rurales son cada vez más escasos los sitios donde es posible encontrar hongos silvestres (Zamora *et al.* 2007), ya que han ido desapareciendo por dos razones principales: el deterioro de los bosques y la recolección indiscriminada.

Plantas medicinales. La herbolaria aplicada a la salud humana fue uno de los aspectos culturales que distinguió a nuestros antepasados y todavía se practica en las comunidades más alejadas de las grandes urbes. Sin embargo, su difusión es cada vez menor, por un lado, la aparición de la medicina alópata y, por el otro, la disminución de áreas con vegetación natural. Aunado a ello, hoy hay menos interés de los jóvenes del medio rural por continuar con este tipo de conocimientos tradicionales (Bello y Salgado 2007).

Orquídeas. Su recolección fue muy drástica en los años setenta, y a la fecha se siguen extrayendo, aunque en menor cantidad. La Cañada de los Once Pueblos (municipio de Chilchota) desempeñó un papel importante en esta actividad de sobrevivencia. Las flores eran vendidas a bajos precios a revendedores de la Ciudad de México (mercado de Jamaica); como las flores con bulbo se vendían a mejor precio la población de orquídeas (*Laelia speciosa*) disminuyó hasta casi desaparecer del área.

Raíz o camote de cerro. Esta planta (*Dioscorea* sp.) es utilizada como alimento y es muy apreciada por su sabor característico. Se consume mucho en la región del Bajío michoacano. Como sucedió con las orquídeas, sus poblaciones han disminuido debido al deterioro de la vegetación natural y por la extracción intensiva.

Especies acuáticas. Como parte de la degradación ambiental, la contaminación de cuerpos de agua (lagos, ríos y embalses), así como la pesca y caza no sostenibles han provocado la disminución y, en algunos casos, la desaparición de especies animales acuáticas. Tal es el caso de los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, en donde el pescado blanco (*Chirostoma* sp.) casi ha desaparecido, al igual que otras especies, debido a la combinación de factores como la excesiva extracción con métodos no adecuados (como el chinchorro de arrastre y las atarrayas, entre otros), la contaminación del lago con sedimentos y aguas negras, y la introducción de especies exóticas como la carpa común (*Cyprinus carpio*), la tilapia (*Oreochromis* spp.) y la lobina negra (*Micropterus salmoides*), las cuales son depredadoras del pescado blanco (Rojas-Castillo 2005, Huerto *et al.* 2011, SAGARPA 2014). El lago de Cuitzeo es otro ejemplo evidente de que la afectación se debe a la contaminación del agua por la incorporación de aguas negras de la ciudad de Morelia, y su desecación es producto de que parte de los escurrimientos son captados para abastecer de agua a huertas de aguacate en la parte alta de la cuenca. En casi todo el estado los ríos han sido contaminados especialmente por la incorporación de aguas negras de los centros urbanos y también de las poblaciones más pequeñas. Aunque el uso de sanitarios con descarga de agua es más higiénico que las letrinas, a nivel de cuencas se ha vuelto un problema ambiental debido a que su disposición final es a través de los cauces de los ríos. Como consecuencia, en las últimas décadas han sido innumerables los ríos contaminados, siendo uno de los ejemplos más evidentes y conocidos el río Grande de Morelia, el cual descarga sus aguas en el valle agrícola de Álvaro Obregón y, finalmente, en el lago de Cuitzeo.

IMPACTOS INDIRECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Presión demográfica y crecimiento urbano. El constante crecimiento de los centros urbanos implica el desarrollo de infraestructura urbana, la cual influye en la modificación de los ecosistemas, implicando en muchos casos la disminución o desaparición de poblaciones silvestres de plantas y animales. Además, el crecimiento de centros urbanos, bajo el modelo que se desarrolla en la entidad (viviendas con escasa área verde), contribuye a la impermeabilización del suelo, es decir, de áreas de recarga de acuíferos, por ejemplo, las ciudades de Morelia y Zamora, asentadas sobre valles tradicionalmente productores de hortalizas, granos básicos y forrajes. Desafortunadamente este es un fenómeno generalizado en todas las poblaciones urbanas del estado (Seefoó 2010, Hernández y Vieyra 2014, Larrazábal *et al.* 2014, López-Granados *et al.* 2014). Las autopistas México-Guadalajara y Morelia-Lázaro Cárdenas son ejemplos relativamente recientes del impacto negativo por vías de comunicación sobre la continuidad de hábitats, particularmente para especies con desplazamiento terrestre.

Efectos del cambio climático. El cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo (CC/CUS) exacerban los efectos del cambio climático a nivel local y regional, lo que se traduce en escasez de agua dulce, incremento de la temperatura ambiente, eventos meteorológicos más extremos e irregulares (lluvias torrenciales e inundaciones, heladas más intensas, granizadas y sequías

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

más severas y, en algunos casos, tornados). Pero aún más importante, estos cambios han impactado el número y caudal de manantiales (la mayoría de agua fresca y limpia) que otrora fueran la fuente principal de agua potable, sobre todo para las poblaciones rurales. Eso, aunado a la creciente población humana, ha hecho que muchas comunidades sufran desabasto de agua incluso en zonas de clima lluvioso. En la figura 3 se puede observar uno de los impactos sobre el lago más extenso y otrora fuente de peces y anfibios, y motivo de orgullo de un estado lleno de lagos; actualmente, además de contaminado por aguas negras, la desecación por causas multifactoriales se ha vuelto un problema socioambiental.

En Michoacán el cambio climático se está percibiendo de diversos modos. Por un lado, desde hace una década se ha mostrado que existe un aumento real de temperatura e irregularidad de eventos meteorológicos (Antaramián 2007, Carlón y Mendoza 2007), lo cual también es mencionado por productores agrícolas (Pulido 2018). En las regiones templadas se observa que la vegetación va cambiando a tipos de climas semicálidos y la agricultura se adapta y aprovecha los cambios provocados por la eliminación de cobertura vegetal, por ejemplo, en el establecimiento de plantaciones de aguacate (*Persea americana*), un cultivo de zona semicálida en áreas antes consideradas templadas y con presencia de heladas, como las partes medias de las cuencas de Pátzcuaro, Zacapu y Morelia. Otro cultivo que entra en este rubro es el agave tequilero (*Agave tequilana*) utilizado para la elaboración de tequila, cuya área de denominación de origen abarca diversos municipios del norte de Michoacán, aprovechando las tierras de temporal y como respuesta de los productores agrícolas a un incremento de la importancia económica de dicha bebida, pero también a condiciones más secas, es decir, de menor humedad ambiental.

Impactos en la agricultura. El deterioro ambiental, a través de procesos como la remoción de cobertura vegetal, la erosión hídrica y la pérdida de materia orgánica, provoca una disminución de la fertilidad del suelo con la consecuente disminución de la producción de biomasa (o rendimiento) de cultivos y la menor cantidad de carbono fijado (principalmente en la estructura del *humus*) en el perfil del suelo.

Como consecuencia del deterioro ambiental, y favorecido por el cambio climático, ocurre la alteración de las cadenas tróficas, lo cual se refleja en el aumento de plagas y enfermedades que atacan cultivos, lo que se ha observado en los últimos años. El ejemplo más notorio son los chochos o chapulines (*Sphenarium purpurascens*, figura 4), que atacan cultivos como el frijol, hortalizas y maíz, incluso se ha observado en plantaciones recientes de nopal. Aun cuando hace algunas décadas no

FIGURA 3. Desecación y tolvaneras en el lago de Cuitzeo, un problema socioambiental creciente. Foto: Juan Pulido.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

representaba una plaga, conforme este insecto se ha vuelto más resistente y frecuente, los agricultores tienen que fumigar sus cultivos hasta dos veces por semana (con insecticidas de mediano y alto impacto). En el caso del nopal (*Opuntia* sp.), una especie cuyo cultivo muestra una tendencia creciente en Michoacán, se ha observado la presencia del gusano cebra (*Melitara nephelepasa*) que los productores indican es una plaga nueva y que es similar en sus hábitos a la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), pero mucho menos agresiva, esta última no se ha extendido en México, pero existen fuertes riesgos (SAGARPA 2010).

La aparición de nuevas plagas y enfermedades es un indicador de deterioro ambiental. En la sierra Purépecha, de clima templado y semifrío, se ha observado en parcelas de maíz la mancha de asfalto o mancha negra (figura 5; Pulido 2018), enfermedad causada por un complejo fúngico (*Phyllachora maydis, Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*) considerada propia de climas cálidos y húmedos (CIMMYT 2004, Varón y Sarria 2007). A este fenómeno, propiciado entre otros factores por el deterioro ambiental, la resistencia de los microbios y el crecimiento demográfico, y que aplica tanto a humanos como a plantas y animales, se le ha agrupado en las denominadas enfermedades emergentes y reemergentes (López *et al.* 2012, Pautasso *et al.* 2012).

FIGURA 4. Chapulín o chocho, plaga emergente en diversos cultivos agrícolas. Foto Marcial Fernández.

Las actividades agrícolas y pecuarias también juegan un papel, en mayor o menor medida, en el deterioro ambiental y de la biodiversidad. La agricultura convencional tipo "revolución verde", definida como "un proceso de modernización de la agricultura, donde el conocimiento tecnológico suplantó al conocimiento empírico determinado por la experiencia práctica del agricultor" (Ceccon 2008), ha propiciado diversos efectos negativos en el ambiente y en la salud humana (Pérez y Landeros 2009). Entre otros impactos, las prác-

FIGURA 5. Mancha de asfalto en hojas de maíz en Comachuén, enfermedad emergente. Foto: Juan Pulido.

ticas agrícolas inadecuadas propician un balance negativo, dando como consecuencia menos materia orgánica en el suelo, con todo lo que ello implica (agotamiento de la fertilidad, declinación de la microbiota edáfica, producción decreciente, menor reincorporación de residuos orgánicos). Asimismo, con el uso de agroquímicos, particularmente pesticidas, existe mayor resistencia de organismos plaga, así como disminución de la diversidad de plantas arvenses (de hoja ancha) y microbios del suelo. Por su parte, los fertilizantes utilizados en exceso provocan la contaminación de corrientes y cuerpos de agua (eutrofización).

Más aún, la "revolución verde" es un modelo de agricultura, desafortunadamente dominante, cuyo objetivo primordial es la mayor ganancia económica, que se consigue al aumentar los rendimientos con base en el mejoramiento genético de los cultivos, generación de tecnología agrícola necesaria para satisfacer la demanda de los nuevos genotipos (Stakman *et al.* 1969), uso de energía fósil e insumos modernos complementados con mejoramiento de infraestructura hidráulica y políticas de financiamiento dirigidas a grandes productores (Rello y Saavedra 2012), ello se ha traducido en mayor diferenciación social (Sepúlveda 2006), bajos márgenes de ganancia en el mercado internacional (Hewitt 1980) y mayor deterioro ambiental (Altieri y Nicholls 2006).

En otro sentido, la agricultura convencional también propicia la erosión genética al utilizar variedades híbridas en contraposición a las variedades criollas que tienen base genética más amplia que los híbridos y están adaptadas a diferentes condiciones microambientales, pero desafortunadamente son cada vez menos espacios donde se les cultiva, sobre todo en comunidades rurales tradicionales.

Cabe señalar que se entiende por erosión genética a una reducción permanente en la riqueza de alelos individuales o la pérdida de alelos combinados en el

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tiempo, en un área definida (Maxted y Guarino 2006), y se puede manejar en sentido restringido como, la pérdida de alelos o genes, o en sentido amplio como la pérdida de variedades o especies (FAO 2015), mientras que erosión genética de cultivos se refiere a la pérdida de variación genética en cultivos debido a la modernización de la agricultura (van de Wouw *et al.* 2010).

La región Purépecha y Tierra Caliente son áreas donde todavía se practica una agricultura de tipo tradicional, y en donde se conservan muchas de las semillas nativas de maíz y frijol, aunque este último ha mermado en su diversidad genética en los años recientes debido a una drástica reducción de la superficie sembrada, como resultado de los altos requerimientos de mano de obra, pero también por políticas macroeconómicas que desincentivan la producción de alimentos bajo sistemas tradicionales. En contraparte, la agricultura tradicional considera y fomenta la conservación de la biodiversidad y de los conocimientos asociados (Pulido y Bocco 2003, Mijangos-Cortés *et al.* 2007, Barrera-Bassols *et al.* 2009, Carrera *et al.* 2012).

Otro hecho que tiene que ver con la agricultura es la invasión de arvenses no deseadas, llamadas malezas, las cuales son más resistentes a condiciones de baja fertilidad y humedad del suelo, tales como aceitilla de flor blanca (*Bidens odorata*), pasto Johnson (*Sorghum halepense*), escobilla o huinare (*Malvastrum bicuspidatum*), chicalote (*Argemone mexicana*) y chayotillo (*Sicyos deppei*), entre otras.

Muchas tierras de ladera, utilizadas para agricultura de temporal hace unas cinco décadas, fueron erosionadas y desgastadas por el uso continuo, y posteriormente abandonadas, por lo que ahora tienen una vegetación de arbustos y matorrales, lo cual puede verse como una recuperación de suelos, pero también como una pérdida de la estructura original (bosque de pino encino, bosque subtropical y selva baja caducifolia, etc.), originando un estado estable alterno de la composición de la vegetación (matorrales), con la consecuente pérdida de carbono del suelo. Diversas áreas, sobre todo en laderas, están cubiertas ahora de matorrales compuestos por vegetación secundaria, donde predominan especies de los géneros *Acacia* spp. y *Baccharis* spp., entre otros.

Recurrencia de incendios forestales. El cambio climático ha provocado sequías más frecuentes y temperaturas más elevadas, además de mayor irregularidad de fenómenos meteorológicos. Esto, aunado a la creciente presencia de asentamientos humanos y a la mayor presión sobre la tierra, tiene como consecuencia el incremento en el riesgo de incendios, los cuales son capaces de devastar grandes áreas forestales, afectando negativamente a las poblaciones de organismos vivos y contribuyendo a la emisión de gases de efecto invernadero. Asimismo, las áreas incendiadas presentan mayor vulnerabilidad a procesos posteriores, como la erosión del suelo, la escorrentía y las inundaciones.

RECOMENDACIONES

Resulta imperante identificar las principales recomendaciones para mitigar el deterioro ambiental, tanto en Michoacán como en el resto del país; éstas tienen que aplicarse a nivel local y global, considerando a los diferentes actores que pueden incidir en la efectividad de las acciones. Algunas recomendaciones para mitigar el deterioro ambiental:

- Lo más importante es cambiar el modo de apropiación de los recursos naturales lo cual sólo sería posible modificando nuestros estilos de vida actuales hacia unos más sostenibles
- Para contribuir a lo anterior es imprescindible fomentar la educación ambiental en todos los niveles escolares y para el público en general
- Es necesario buscar la recuperación de la cubierta forestal y vegetativa en todos los espacios donde sea posible. La cobertura vegetal es la vía más idónea para restaurar y proteger la biodiversidad
- Para contribuir a una difusión masiva de alternativas es conveniente crear centros de intercambio de experiencias en restauración forestal y prácticas agroecológicas, y potenciar los que ya existen para contribuir a la educación ambiental. Mientras los humanos no estemos conscientes de la vital importancia de la biodiversidad y los factores que la regulan no tomaremos acciones para conservarla
- Asimismo, es necesario contribuir al rescate de la agricultura tradicional incorporando elementos modernos y científicos como el enfoque agroecológico, ya que este tipo de agricultura es una base importante para el diseño de sistemas agroecológicos sostenibles que garanticen la producción de alimentos sanos y compatibles con el cuidado de los recursos naturales
- En ese sentido conviene integrar los aspectos socioculturales y de políticas públicas ambientales en los proyectos de conocimiento y manejo de los recursos naturales, esto es, que vayan más allá de generar productos académicos
- Dado que en la actualidad la mayor parte de la población humana se concentra en centros urbanos, es conveniente fomentar las áreas verdes, tanto en las zonas urbanas como en las periurbanas, para lo cual es mejor utilizar especies arbóreas nativas, las cuales son más eficientes en el uso del agua del suelo
- Parece que las modificaciones e impactos al medio ambiente por actividades antrópicas son inherentes al tipo de desarrollo dominante de las

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sociedades humanas de la actualidad. El reto es entonces lograr que el impacto negativo sea minimizado

CONCLUSIONES

Los procesos de deterioro ambiental que en estos tiempos se han intensificado son producto del crecimiento demográfico sin precedentes y de un contexto donde predomina un modelo de desarrollo no sostenible. Bajo estas circunstancias, la tendencia es a la creciente pérdida de biodiversidad en los ecosistemas, incluyendo bosques y selvas, y diversas especies de plantas y animales; esta pérdida afecta principalmente el tamaño y la estructura de las poblaciones vegetales y animales. Uno de los síntomas más evidentes de la pérdida de cobertura vegetal es el incremento de la temperatura media anual, la cual es percibida tanto en el medio rural como en las poblaciones más grandes. Los datos meteorológicos de las últimas décadas corroboran esta percepción y coinciden en tendencia con los escenarios a nivel global (MA 2005).

El panorama actual de pérdida de biodiversidad en Michoacán es similar o incluso mayor al de gran parte de los estados de México, donde el deterioro ambiental es el común denominador. La tendencia de disminución también coincide con los escenarios a nivel global (MA 2005). Hay diversas oportunidades para hacer frente a esta situación, si bien no para revertir los procesos de deterioro sí para atenuar sus efectos e incluso adoptar alternativas de producción y aprovechamiento de recursos naturales menos degradantes. La preocupación sobre los problemas globales es una oportunidad que puede producir acciones a nivel local. Pero para que esas acciones sean efectivas, por ejemplo a través de un programa de restauración ecológica; éstas debieran ser a distintas escalas (Brancalion *et al.* 2013) y no sólo en ciertas áreas (por ejemplo, áreas protegidas) como hasta ahora se ha intentado.

REFERENCIAS

Abraham, E.M., E. Montaña y L.M. Torres. 2006. Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos. *Scripta Nova* 10.

Altieri, M.A., C.I. Nicholls, A. Henao y M.A. Lana. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35:869-890.

Altieri, M. y C.I. Nicholls. 2006. *Agroecología*. PNUMA/UACH, México.

Antaramián Harutunián, E. 2007. Cambio climático y tendencia de la temperatura y precipitación en Michoacán y Morelia. En: *Memoria del Tercer Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología. Mesa V. Patrimonio Forestal.* COECYT, Morelia, pp. 390-395.

Argueta V., A. y A. Castilleja G. 2012. Las *uauapu* en la vida de los p'urhépecha o tarascos de Michoacán. *Relaciones* 131:283-320.

Barrera-Bassols, N., M. Astier, Q. Orozco y E. Boege. 2009. Saberes locales y defensa de la agrobiodiversidad: maíces nativos vs. maíces transgénicos en México. *Papeles* 107:77-92.

Barsimantov, J. y J. Navia. 2012. Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: is community forestry related to reduced deforestation for high value crops? *Applied Geography* 32:844-853.

Bello G., M.A. y R. Salgado G. 2007. Plantas medicinales de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Biológicas* 9:126-138.

Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44:18-38.

Brancalion, P.H.S., F.P.L. Melo, M. Tabarelli y R.R. Rodrigues. 2013. Biodiversity persistence in highly human-modified tropical landscapes depends on ecological restoration. *Tropical Conservation Science* 6(6):705-710.

Bravo E., M., J. de la L. Sánchez P., J.A. Vidales F. *et al.* 2009. *Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán.* SAGARPA/INIFAP/CIRPAC, Campo Experimental Uruapan. Publicación Especial núm. 2.

Carlón, T. y Mendoza M. 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas* 63:56-76.

Carrera V., J.A., J. Ron P., Á.A. Jiménez C. *et al.* 2012. *Razas de maíz de Michoacán de Ocampo: su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas.* UACH, México.

Castañeda-Vildózola A., A. Equihua-Martínez, J. Valdés-Carrasco *et al.* 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:129-136.

Ceccon, E. 2008. La revolución verde: breve historia de una tragedia en dos actos. *Ciencias* 1(91):21-29.

Chávez-León, G., A. Velázquez y G. Bocco. 2003. Las especies silvestres como indicadoras del estado de conservación del bosque: el caso de la gallina de monte coluda (*Dendrortyx macroura*); y una propuesta para el establecimiento de un aviario con fines de educación ambiental. En: *Las enseñanzas de San Juan: investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales.* A. Velázquez, G. Bocco y A. Torres (eds.). INE/SEMARNAT, pp. 549-564.

Chávez–León, G., V.M. Gómez-Reyes y M. Gómez-Peralta. 2009. Riqueza de macromicetos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Ciencia Forestal Mexicana* 34(105):73-93.

Cheattho, P. 2009. Land degradation assessment in drylands of Cambodia. En: R. Im-Erb, Y. Niino, S. Sombatpanit y R. Biancalani (eds.). *Proceedings of the regional land degradation assessment in drylands (LADA).* Workshop for Southeast Asia. Bangkok, Thailand. RAP Publication 2009/16. FAO. Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, pp. 39-49.

CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 2004. *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo.* CIMMYT, México.

COFOM. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. 2015. Inventario forestal y de suelos del estado de Michoacán (actualización 2014). COFOM, Michoacán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cornejo-Tenorio, G., F. Sánchez-García, M. Flores-Tolentino *et al.* 2013. Flora y vegetación del cerro El Águila, Michoacán, México. *Botanical Science* 91:155-180.

Correa-Ayram, C.A., M.E. Mendoza y E. López Granados. 2014. Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande* 59:7-23.

De la Tejera, H., B.Á-Santos O., H. Santamaría Q. *et al.* 2016. El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el estado y la sociedad. *Economía y Sociedad* 29:15-40.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2015. Glosario. En: *<http://www.fao.org/economic/esa/seed2d/glossary/es/>*, última consulta: 10 de septiembre de 2015.

Fernández R., M. y J. Pulido S. 2015. *Plagas emergentes, una amenaza para la seguridad alimentaria y la biodiversidad en la agricultura campesina: caso frijol en Michoacán.* Ponencia en el Seminario Internacional sobre Soberanía Alimentaria y Territorio, Chapingo.

Galán Madruga, D. 2009. Psicología ambiental. Importancia de la educación ambiental. *Observatorio Medioambiental* 12:241-246.

García-Oliva, F. e I.I. Lara de la Cruz (eds.). 2013. *Informe del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán.* SUMA/CIEco-UNAM, Michoacán.

Garibay, C. 2010. Paisajes de acumulación minera por desposesión campesina en el México actual. En: *Ecología política de la minería en México. Aspectos socioeconómicos, legales y ambientales de la mega minería.* G.C. Delgado Ramos (coord.). Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-UNAM, pp. 133-182.

Garibay, O.C. y G. Bocco. 2007. *Situación actual en el uso del suelo en comunidades indígenas de la región Purépecha.* Documento Técnico. CIGA-UNAM/Delegación Estatal de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Michoacán.

Garibay-Orijel, R., M. Martínez-Ramos y J. Cifuentes. 2009. Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:521-534.

Geist, H.J. y E.F. Lambin. 2004. Dynamic causal patterns of desertification. *BioScience* 54(9):817-829.

——. 2001. *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational scale case study evidence.* LUCC Report Series núm. 4. University of Louvain, Bélgica.

GFDD. Global Foundation for Democracy and Development. 2015. *Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente.* En: *<http://www.diccionariomedioambiente.org/diccionariomedioambiente/es/>*, última consulta: 12 de febrero de 2015.

Gisladottir, G. y M. Stocking. 2005. Land degradation control and its global environmental benefits. *Land Degradation & Development* 16(2):99-112.

González-Martínez, S.L., L.A. Ávila-Meléndez, G. Blanco-Wells y J.T. Silva-García. 2015. Comunidades indígenas: entre la adaptación a alteraciones climáticas locales y el abandono de la agricultura. *Revista de Antropología Iberoamericana* 10(1):27-48.

Guerrero, G., O. Masera y J.F. Mas. 2008. Land use/land cover change dynamics in the Mexican highlands: current situation and long-term scenarios. En: *Modelling Environmental Dynamics.* M. Paegelow y M. Camacho (eds.). Springer Verlag Berlin Heidelberg, Alemania, pp. 57-76.

Gurrutxaga, S.V. y P. Lozano V. 2006. Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial. *Polígonos. Revista de Geografía* 16:35-54.

Hernández Guerrero, J.A. y A. Vieyra. 2014. Precariedad habitacional en el peri-urbano de la ciudad de Morelia, Michoacán: riesgo de desastre por inundaciones. En: *Urbanización, Sociedad y Ambiente: experiencias en ciudades medias.* A. Vieyra y A. Larrazábal (coords.). CIGA-UNAM/SEMARNAT/INECC, México, pp. 271-293.

Hewitt de A., C. 1980. *La modernización de la agricultura mexicana 1940-1970.* Siglo XXI, México.

Huerto Delgadillo, R., S. Vargas y C.F. Ortiz Paniagua. 2011. *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2012. *Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate.* INIFAP/Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan. Libro Técnico núm. 13.

Larrazábal, A.L., F. Gopar-Merino y A. Vieyra. 2014. Expansión urbana y fragmentación de la cubierta del suelo en el periurbano de Morelia. En: *Urbanización, sociedad y ambiente. Experiencias en ciudades medias.* A. Vieyra y A. Larrazábal (coords.). CIGA-UNAM, México, pp. 89-119.

Leff, E. 2014. *La apuesta por la vida. Imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territorios ambientales del sur.* Vozes Editora, México.

López, C., A.R. Cañas R. y F. Olmo. 2012. *Enfermedades emergentes y reemergentes. Prevención epidemiológica. Área de Bioseguridad.* Documento núm. 244. Red Safe World. En: *<http://redsafeworld.files.wordpress.com/2012/03/reemergentes.pdf>*, última consulta: 12 de febrero de 2015.

López Granados, E., V. Rangel Velarde y M. Mendoza Cantú. 2014. Procesos de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en un municipio periurbano: el caso de Tarímbaro, Michoacán de Ocampo, México. En: *Urbanización, sociedad y ambiente. Experiencias en ciudades medias.* A. Vieyra y A. Larrazábal (coords.). CIGA-UNAM, México, pp. 151-172.

López, E. y G. Bocco. 2006. Patrones locales de cambio globales: efectos de la emigración en el cambio de uso de suelo en el centro de México. El caso de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Scripta Nova* X(218):9.

López-Barrera, F., A. Velázquez y L. Merino. 2010. Explorando los determinantes del buen manejo forestal comunitario. *Interciencia* 35(8):60-567.

Maxted, N. y L. Guarino. 2006. Genetic erosion and genetic pollution of crop wild relatives. En: *Genetic erosion and pollution assessment methodologies. Proceedings of PGR Forum Workshop 5, Terceira Island, Autonomous Region of Azores, Portugal.* B.V. Ford-Loyd, S.R. Dias y E. Bettencourt (eds.). Published on behalf of the European Crop Wild Relative Diversity Assessment and Conservation Forum, Biodiversity International, Italia, pp. 35-45.

MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis.* Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington.

Mijangos-Cortés, J.O., T. Corona-Torres, D. Espinosa-Victoria *et al.* 2007. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Michoacan, Mexico and the Chalqueño complex. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54:309-325.

MINAM. Ministerio del Ambiente. 2012. *Glosario de términos de la gestión ambiental peruana.* Ministerio del Ambiente,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Direccción General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, Perú.

Monterrubio-Rico, T.C., J.F. Charre-Medellín, C.Z. Colín-Soto y L. León Paniagua. 2014. Los mamíferos del estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Mastozoología.* Nueva época 4(2):1-17.

Morales Manilla, L.M. (coord.). 2011. *Evaluación del impacto ecológico del cultivo del aguacate a nivel regional y de parcela en el estado de Michoacán. Inventarios 1974-2007 y evaluación del impacto ambiental regional.* Informe final. Etapa 1. CIGA-UNAM, México.

Morales, L.M. y G. Cuevas. 2011. *Inventarios 1974-2007 y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe final.* CIGA-UNAM, México.

Núñez Garduño, A. 2005. *Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, biología e importancia.* Facultad de Biología-UMSNH, Michoacán.

ONU. Organización de Naciones Unidas. 1994. Convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. En: *<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-spa.pdf>*, última consulta: 12 de febrero de 2015.

Ortiz-Paniagua, C.F. y O.V. Delfín Ortega. 2011. Cambio climático y agricultura en Michoacán: certificación de huella de carbono como instrumento de competitividad. *Inceptum Revista de Investigación en Ciencias de la Administración* 6(10):387-410.

Pardavé-Díaz, L.M., L. Flores-Pardavé, V. Franco-Ruiz Esparza y M. Robledo-Cortés. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (macromicetos) de la sierra Fría, Aguascalientes. *Investigación y Ciencias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 37:4-12.

Pautasso, M., T.F. Döring, M. Garbelotto *et al.* 2012. Impacts of climate change on plant diseases opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology* 133(1):295-313.

Pérez, V.A. y C. Landeros. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos. Ciencia Arte y Cultura* 16:19-25.

Pérez-Ramírez, S., M.I. Ramírez, P.F. Jaramillo-López y F. Bautista. 2013. Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(1):157-173.

Pulido S., J. 2013. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán en la categoría de agricultura y ganadería. En: *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Michoacán.* F. García Oliva *et al.* (eds.). SUMA/CIEco-UNAM, Michoacán.

Pulido S., J. y G. Bocco. 2003. Los sistemas de uso del suelo tradicionales. En: *Las enseñanzas de San Juan: investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales.* A. Velázquez *et al.* (eds.). INE/SEMARNAT, México, pp. 325-346.

Pulido, S., J. 2018. *Degradación de tierras en una comunidad indígena de Michoacán: percepciones, causas y alternativas para un manejo sostenido.* Tesis de doctorado en geografía. CIGA-UNAM, México.

Queiroz, C., R. Beilin, C. Folke y R. Lindborg. 2014. Farmland abandonment: threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12:288-296.

Ramírez-Herrejón, J.P., L. Zambrano, N. Mercado-Silva *et al.* 2014. Long term changes in the fish fauna of lago de Pátzcuaro in Central México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1):137-149.

Ramírez-Ramírez, M.I. 2007. Causas y efectos del cambio en las cubiertas del suelo en los predios de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. En: *Memoria del Tercer Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología. Mesa V. Patrimonio Forestal.* CCOECYT, Michoacán.

Ramos–Elorduy, J., E.M. Costa-Neto, J. Pino-Moreno *et al.* 2007. Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado La Purísima, Palmar de Bravo, estado de Puebla, México. *Biotemas* 20(2):121-134.

Rello, F. y F. Saavedra. 2012. La problemática rural en México en perspectiva histórica: un marco de referencia para el análisis regional. En*: Integración y exclusión de los productores agrícolas. Un enfoque regional.* F. Saavedra y F. Rello (coords.). Flasco, México, pp. 21-34.

Reyes-González, A. 2015. Estudiante de posgrado en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM). Comunicación personal.

Reyes-González, A., A. Camou-Guerrero, O. Reyes-Salas *et al.* 2014. Diversity, local knowledge and use of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the municipality of Nocupétaro, Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:47.

Rojas-Castillo, P.M. 2005. Pescado blanco. *Revista Digital Universitaria* 6(8):2-18.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Reporte epidemiológico de la palomilla del nopal. En: *<http://langif.uaslp.mx/documentos/privada/BoletinesVarios/palomilla_nopal/001.pdf>,* última consulta: agosto de 2018.

——. 2014. Establece SAGARPA medidas para la conservación de recursos pesqueros en el lago de Pátzcuaro. Comunicado de prensa núm. 1027/14. SAGARPA, México.

Sánchez C., V. 2003. *Zygogeomys trichopus.* Estado actual del conocimiento biológico de algunas especies de roedores de las familias Muridae, Geomyidae, Heteromyidae y Sciuridae (Rodentia: Mammalia). En: PROY-NOM-059-ECOL-2000. Departamento de Zoología, Instituto de Biología-UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W036. México.

Sánchez Sepúlveda, H.U. y P.S. Urquijo Torres. 2014. La expansión urbana en el suroriente de Morelia. Una revisión histórico-ambiental, 1885-2010. En: *Urbanización, sociedad y ambiente. experiencias en ciudades medias.* A. Vieyra y A. Larrazábal (coords.). CIGA-UNAM, México, pp. 13-45.

Seefoó Luján, J.L. 2010. Contradicciones campo ciudad. ¿Urbanización contra agricultura? Red de colegios y centros de investigación, gestión, políticas y culturas de agua. En: *<http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/gestion_agua/default.htm>,* última consulta: agosto de 2018.

SEMARNAP, INE, SSA, SSA y GECH. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Chihuahua. 1997. Programa de la administración de la calidad del aire del área metropolitana de Monterrey 1997-2000. En: *<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=234>*, última consulta: 10 de febrero de 2015.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. ¿Qué amenaza a la biodiversidad? *Biodiversidad. Conocer para conservar. Serie ¿Y el medio ambiente?* 2:39-85.

Sepúlveda G., I.H. 2006. *Tecnología agrícola. Estrategias de desarrollo.* Trillas, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Stakman, E.C., R. Bradfield y P.C. Mangelsdorf. 1969. *Campañas contra el hambre*. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, México.

Vallejo Rojas, V.B., I. Mijangos y C. Garbisu. 2010. *Biodiversidad edáfica como bioindicador de la salud del suelo mediante métodos moleculares*. Tesis para obtener el título de máster en biodiversidad, funcionamiento y gestión de ecosistemas. Universidad del País Vasco.

van de Wouw, M., C. Kik, T. van Hintum *et al*. 2010. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources* 8(1):1-15.

Varón de Agudelo, F. y G.A. Sarria Villa. 2007. *Enfermedades del maíz y su manejo*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)/ Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE), Colombia.

Vieyra, A. y A. Larrazábal (coords.). 2014. *Urbanización, sociedad y ambiente: experiencias en ciudades medias*. CIGA-UNAM/SEMARNAT/INECC, México.

Villaseñor G., L.E. 2005. *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado*. CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

Warren, A. 2002. Land degradation is contextual. *Land Degradation & Development* 13:449-459.

Zamora E., V.M. Gómez, G. Vázquez M. y P. Angón. 2007. Conocimiento etnomicológico de hongos silvestres comestibles registrados para la zona de Tancítaro, Michoacán. *Biológicas* 9:41-46.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Apéndices

Volumen III

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

APROVECHAMIENTO 8

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Apéndice 55. Características requeridas para la realización de actividades de ecoturismo y turismo de aventura.

Actividad	Atributos físico-geográficos					
	Relieve	Litología	Pendiente del terreno	Tipo de suelo	Cubierta del suelo	Presencia de cuerpos de agua
Senderismo	Valles, planicies, lomeríos	NA	<10°	Phaeozem, Luvisol, Regosol, Vertisol	NA	Muy alta
Observación de aves	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Observación de flora y fauna	NA	NA	NA	NA	NA	Muy alta
Contemplación de paisajes	Lomeríos, montañas	NA	NA	NA	NA	Muy alta
Foto y fonocaza	NA	NA	NA	NA	NA	Muy alta
Caminatas	NA	NA	NA	Phaeozem, Luvisol, Regosol, Vertisol	NA	Muy alta
Montañismo	Montañas, lomeríos	NA	>10°	NA	Bosque y otros tipos	NA
Paseos en caballo	Valles, planicies, lomeríos	NA	<10°	NA	Agrícultura, pastizal y otros tipos	NA
Ciclismo de montaña	Montañas	NA	<15°	NA	Bosque y otros tipos	NA
Escalada en roca	Montañas	Andesitas y volcánicas ácidas	>30°	NA	Bosque y otros tipos	NA
Espeleoturismo	Montañas, lomeríos	Calizas y caliza-lutita	NA	NA	Bosque y otros tipos	NA

Abreviaturas: CC: complejidad corológica, CT: complejidad tipológica, R: riqueza de paisajes, Dv: diversidad de paisajes de McIntosh, S: singularidad de paisajes, Fl: registros de flora, Fa: registros de fauna, Av: registros de aves; NA: no aplica
Fuente: Flores-Domínguez y Priego-Santander 2011.

Flores-Domínguez, Á.D. y Á.G. Priego Santander. 2019. Potencial natural para el ecoturismo costero: una perspectiva físico-geográfica. Apéndice 55. Características requeridas para la realización de actividades de ecoturismo y turismo de aventura. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2* (digital), vol. III. CONABIO, México, pp. 374-375

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Heterogeneidad					Biodiversidad				
CC	CT	R	Dv	S	Fl	Fa	Av	Fauna endémica	Avifauna endémica
NA	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Muy baja	Muy alta	NA	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
NA	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Muy baja	Muy alta	NA	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
NA	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
NA	Muy alta	NA	Muy alta	Muy baja	NA	NA	NA	NA	NA
NA	Muy baja	NA	Muy baja	Muy alta	NA	NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NA	Muy alta	NA	Muy alta	Muy baja	NA	NA	NA	NA	NA
NA	Muy alta	NA	Muy alta	Muy baja	NA	NA	NA	NA	NA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

NUESTROS AUTORES

Acosta Lucero

Aguilera Ríos María Silvia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Aguilera Villanueva Rodolfo

Aguirre León Gustavo
Instituto de Ecología, A. C.

Aguirre López Rocío
Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado

Alarcón Cháires Pablo Eulogio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Albavera Padilla Ernesto
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Alberdi Alonso María Teresa
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Museo Nacional de Ciencias Naturales

Alcántar Mejía Josiani
Gobierno del Estado de Michoacán
Telebachillerato Michoacán

Alvarado Díaz Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Alvarado Villanueva Reyna
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Álvarez Jara Margarito
Serafo Consultores Ambientales, A. C.

Álvarez Noguera Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Álvarez Verdugo María Guadalupe
Universidad Autónoma de Guadalajara

Ambriz Morales Pascuala
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Biotecnologia Genómica

Andrade Hernández Sandy Fabiola
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Angón Torres María del Pilar
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Antaramián Harutunián Eduardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Arce Cortés Álvaro Iván
Colectivo Michoacano de Desarrollo, A.C.

Arce Pérez Roberto
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Arizaga Pérez José Santiago
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Armendáriz Ortega Gema Yolanda

Arredondo Ojeda Marbella
Gobierno del Estado de Michoacán
Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Michoacán

Arroyo Cabrales Joaquín
Instituto Nacional de Antropología e Historia
Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico

Astier Calderón Marta
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Ávila Díaz Irene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ayala Barajas Miguel Ángel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas

Ayala Barajas Ricardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Ayala Ortiz Dante Ariel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Ayvar Campos Francisco Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Báez Santacruz Jezabel
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Baltazar Mendoza Gloria Bárbara

Balvanera Levy Patricia
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Barajas López Flor Cecilia

Barón Campis Sofía Alida
Instituto Nacional de Pesca

Barragán Felipe
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
División de Ciencias Ambientales

Bastida Zavala José Rolando
Universidad del Mar
Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Marinos

Bautista Hernández Dorian Antonio

Bautista Zúñiga Francisco
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Bedolla García Brenda Yudith
Instituto de Ecología, A. C.
Centro Regional del Bajío

Bedolla Ochoa Cutzi
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Bello Guevara Jorge Fernando

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Beltrán Nambo María de los Ángeles
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Bernal Brooks Fernando Walter
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Blanco García José Arnulfo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Brenner Ludger
Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-Unidad Iztapalapa

Briseño Cázares Laura Angélica
Red de Educadores Ambientales en Michoacán, A.C.

Bueno Villegas Julián
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Centro de Investigaciones Biológicas

Buitrón Sánchez Blanca Estela Margarita
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Geología

Burgos Tomandú Ana Laura
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Campos Mendoza Antonio

Cano Camacho Horacio
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Carbajal Navarro Aglaen Lucero
Asociación Civil Guacamayas Calentanas, A. C.

Carranza González Eleazar
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Instituto de Investigación de Zonas Desérticas

Carreón Abud Yazmín
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Casas Fernández Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Casillas Sánchez Jorge Ignacio
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Castillo Víctor María Elena
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ceballos Corona José Gerardo Alejandro
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Cervantes Peredo Luis Manuel (†)
Instituto de Ecología, A. C.

Charre Medellín Juan Felipe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Chassin Noria Omar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Chauca Malásquez Pablo Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Chávez Carbajal María Alma
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Conejeros Vargas Carlos Andrés
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Conejo Gutiérrez Miralba

Cortés Hernández Violeta

Crookston Nicholas L.
United States Department of Agriculture

Cruz Angón Andrea
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Cruz Barraza José Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Cruz López Jesús Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cruz Medina Jorge
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Cupul Magaña Fabio Germán
Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de la Costa

De la Tejera Hernández Beatriz Georgina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Del Val de Gortari Ek
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Delgado Carranza María del Carmen
Universidad Nacional Autónoma de México

Delgado Lemus América Minerva

Deloya López Aristeo Cuauhtémoc
Instituto de Ecología, A. C.

Díaz Ríos René

Díaz Rodríguez Daniel
Gobierno del Estado de Michoacán

Díaz Sibaja Roberto
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Domínguez Domínguez Omar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Domínguez Sánchez Constantino
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería Civil

Domínguez Vázquez Gabriela
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Dubrovina Inna
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Escalante Jiménez Ana Leticia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Escalera Gallardo Carlos
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Espinosa García Francisco Javier
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Fernández Rivera Marcial
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Flores Domínguez Ángel David
El Colegio de Tlaxcala A.C.

Francke Ballvé Oscar Federico
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Fuentes Barrios Edgar
Gobierno del Estado de Michoacán
Consejo Estatal de Ecología de del Estado de Michoacán

Fuentes Farias Alma Lilia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Fuentes Junco José de Jesús Alfonso
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Gamero Mora Edgar
Universidad de São Paulo
Instituto de Biociencias

García Avila Deneb
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

García de León Francisco Javier
Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.

García Madrigal María del Socorro
Universidad del Mar

García Meraz Adrián
Instituto Nacional de Pesca
Centro regional de Investigación Acuícola y pesquera
Bahía de Banderas, Nayarit.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

García Oliva Felipe
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

García Ríos Janeth
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

García Ruiz Ignacio
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Michoacán

García Varela Martín
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

García Velázquez Miguel Ángel
Gobierno del Estado de Michoacán
Secretaría de Desarrollo Social

García Zepeda María Luisa
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Gasca Álvarez Héctor Jaime
Corporación Sentido Natural

Gavito Pardo Mayra Elena
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Gómez Bermejo Roberto Javier

Gómez Monge Rodrigo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Gómez Peralta Marlene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Gómez Prado Carlos Alberto
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Gómez Reyes Víctor Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

González Cortés Juan Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

González Pérez José Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

González Rodríguez Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Gregorio Cipriano María del Rosario
Instituto de Ecología, A. C.

Guevara Féfer Fernando (†)
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Guevara Guerrero Gonzalo
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Gutiérrez Bedolla Mayte
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Guzmán Pérez Adriana Margarita
Coordinación de Asesores del Gobierno Federal

Hernández Becerril David Uriel
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Hernández Montaño Daniel
Instituto Nacional de Pesca
Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro

Hernández Morales Rubén
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Hernández Téllez Rogelio René
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Hernández Valencia Federico

Hidalgo Sanjurjo Juan Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Huacuz Elías Dolores del Carmen
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Huerta Zamacona María Concepción
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ihl Thomas Josef
Universidad Martín-Lutero Halle-Wittenberg

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Israde Alcántara Isabel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

Jiménez Rico Luz Lilia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Laguarda Figueras Alfredo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Lara Cabrera Sabina Irene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

León Paniagua Livia Socorro
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

Letelier Gálvez Luis Erasmo Angel
Universidad de Talca
Instituto de Ciencias Biológicas

Lindig Cisneros Roberto Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Loera Padilla Francisco Javier
Consultoría Integral en Gestión Ambiental y Sustentabilidad, S.C.

López Cervantes Antonio

López García José Ramón
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

López Martínez Friné Romana Pilar
Espacio Autónomo, A.C.

López Paniagua Rosalía
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades

López Toledo Leonel
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

MacGregor Fors Ian
Instituto de Ecología
Red de Ambiente y Sustentabilidad

Madrigal Guridi Xavier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Malaquías González Santos Damián

Mar Silva Valentín
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Marín Leyva Alejandro Hiram
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Marín Togo María Consuelo
Gobierno del Estado de México

Martínez Bravo René David
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Martínez Martínez Marisol
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Martínez Trujillo Miguel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Martínez Zavaleta Juan Pablo
El Colegio de la Frontera Sur
Unidad Chetumal

Martínez Cruz Juan
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Masera Cerutti Omar Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Mateo Cid Luz Elena
Instituto Politécnico Nacional
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas

Mathuriau Catherine (†)

Medina Aguilar Oscar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Medina Nava Martina
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Mejía Maya Alejandro
Gobierno del Estado de Michoacán

Meléndez Herrera Esperanza
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Mendoza Alfaro Roberto Eduardo
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas

Mendoza Cantú Manuel Eduardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Mendoza Cuenca Luis Felipe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Mendoza Eduardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Mendoza González Angela Catalina
Secretaría de Educación Pública

Merlín Uribe Yair
El Colegio de la Frontera Sur
Unidad San Cristóbal de las Casas

Miranda Huerta Ana Cristina
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Moncayo Estrada Rodrigo
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Montejano Valdivia Barush Alí
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Monterrubio Rico Tiberio Cesar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Morales Blake Alejandro Rafael
Universidad de Colima
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Morón Ríos Miguel Ángel (†)
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Muñoz Gaytan Arcadio Antonio

Nájera Cordero Karla Carolina
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Nava Bravo Héctor Hugo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Nava González Bisbrian Alhelí
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Nava Cruz Yolanda

Navarrete Pérez Negrón José Luis
Instituto Tecnológico del Valle de Morelia

Navarro Chávez José César Lenin
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Novelo Gutiérrez Rodolfo
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Núñez Vargas Alfonso

Ochoa Figueroa Alejandro
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Ortega Murillo María del Rosario
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ortega Rodríguez Juan Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ortiz Paniagua Carlos Francisco
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Ortiz Tamara

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Oyama Nakagawa Alberto Ken
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Páez Rosaura

Palacios Morales Georgina

Pedraza Marrón Carmen del Rocío
Universidad de Puerto Rico - Río Piedras

Pérez Munguía Ricardo Miguel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Pérez Salicrup Diego Rafael
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Pérez-Ponce de León Gerardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Pineda Ambriz Aidé
Secundaria Técnica núm. 150

Pineda Antúnez Zabel Cristina
Asesor externo

Piñón Flores Miguel Aurelio
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Ponce Saavedra Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Priego Santander Angel Guadalupe
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Pulido Secundino Juan
Universidad Autónoma Chapingo
Unidad Regional Universitaria del Sureste

Ramírez García Enrique
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Ramírez Herrejón Juan Pablo
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

Ramírez Ramírez María Isabel
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Ramírez Valdez Arturo

Ramos Núñez María Guadalupe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ramos Pérez Velia Iris
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rehfeldt Gerald E.
United States Department of Agriculture

Reyes Martínez Norma Patricia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Reyes Mata Gilberto
Campamento Tortuguero Ixtapilla

Rivera Velázquez Jaime
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Rodríguez Correa Hernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Rodríguez Lozano Gerardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rodríguez Palacio Mónica Cristina
Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-Unidad Iztapalapa

Romero Gallardo Salvador
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

Romero Tinoco Mario Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rueda Jasso Rebeca Aneli
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ruíz Contreras Marilyn
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Sáenz Romero Cuauhtémoc
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Salazar Araujo Paloma

Sánchez Blanco Judith
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Sánchez Heredia Juan Diego
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Sandoval Perea Rosa Eugenia

Santibáñez López Carlos Eduardo
University of Wisconsin-Madison

Santos Ocampo Angel
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Segundo Métay Paola Citlali
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Segura Ledesma Sergio Damián

Segura Mathuriau Arno

Segura Mathuriau Zoe

Serrano Medrano Montserrat
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Silva Sáenz Patricia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Solís Marín Francisco Alonso
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Sosa Gutiérrez Neyra
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Sosa Yañez Armando
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

Sotelo Cuevas Fernando
Gobierno del Estado de Oaxaca
Instituto de Estatal de Educación Pública de Oaxaca

Soto Rojas Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Suárez Reyes Carla Noemí
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Suazo Ortuño Ireri
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Takaki Takaki Francisco

Tapia Torres Yunuén
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Toledo Manzur Víctor Manuel

Torres García Ignacio
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Torres García Ulises
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Torres Gómez Mariano
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Torres Guerrero Karla Isadora
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Torres Hernández Eloísa
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Torres Pérez Coeto Arturo Jonatan
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Torres Torres Circe

Torres Villanueva Francisco Javier
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Tripp Rivera Manuel de Jesús
Gobierno del Estado de Michoacán
Consejo Estatal de Ecología del Estado de Michoacán

Trujillo García Claudia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Urquiza Marín Everardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Valdez Mondragón Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Valdez Rivera Janeth Cristina
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Valle Díaz Oscar Israel
Biología y Urbanismo Integrado

Vargas Sandoval Margarita
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Vargas Uribe Guillermo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Vega Peña Ernesto Vicente
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Vega Sánchez Yesenia Margarita
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Velázquez Durán Rodrigo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Victoria Hernández Arturo

Villafán Vidales Katia Beatriz
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Villalobos Hiriart José Luis
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Villamil Echeverri Laura Elena

Villaseñor Gómez José Fernando
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Villaseñor Gómez Laura Eugenia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Zambrano Cabrera Gustavo

Zamora Vuelvas María Cristina

Zamudio Ruiz Sergio

Zárate Segura Pablo
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Zarazúa Sánchez Rogelio
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Zavala Páramo María Guadalupe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Zepeda Castro Hugo
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Zepeda Ortiz Marcelino

Zermeño Hernández Isela Edith
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales

Zubieta Hernández Raúl Ricardo
Espacio Autónomo, A.C.

Zubieta Rojas Tohtli Laura Elena

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Anexo
Fotográfico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mariposa monarca en vuelo. Foto: Luis Mariano Sánchez Avelar.

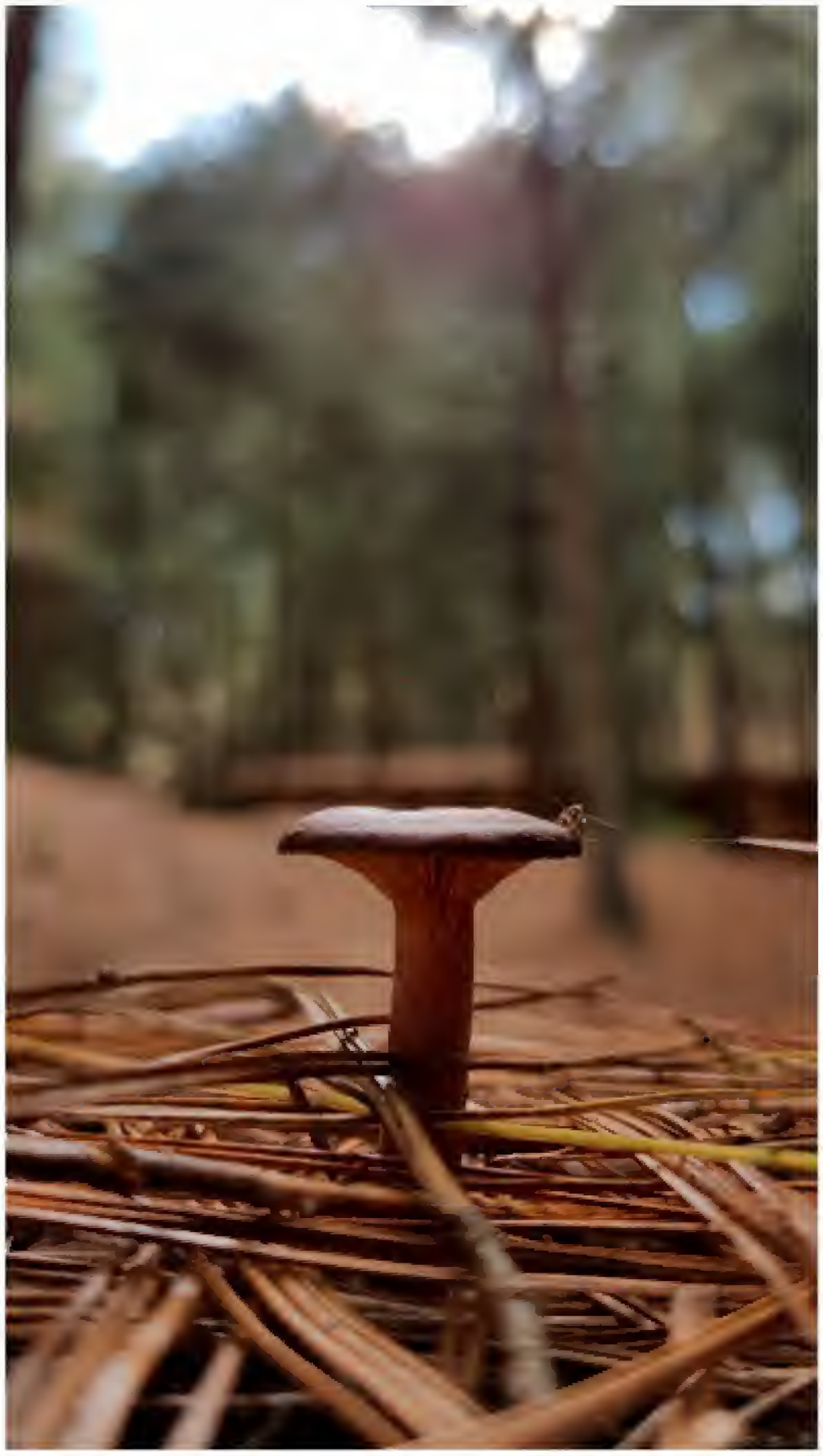
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Laguna Larga, Los Azufres. Foto: Luis Mariano Sánchez Avelar.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Hongo en zona de aprovechamiento ecoturístico en Michoacán. Foto: Luis Mariano Sánchez Avelar.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Bosque de pino- encino, Michoacán. Foto: Luis Mariano Sánchez Avelar.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hongo basidiomicetes. Foto: Eduardo López Bravo/Banco de Imágenes CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Árboles talados en Sierra Chincua, Angangueo. Foto. Carlos Galindo Leal/ Banco de Imágenes CONABIO.

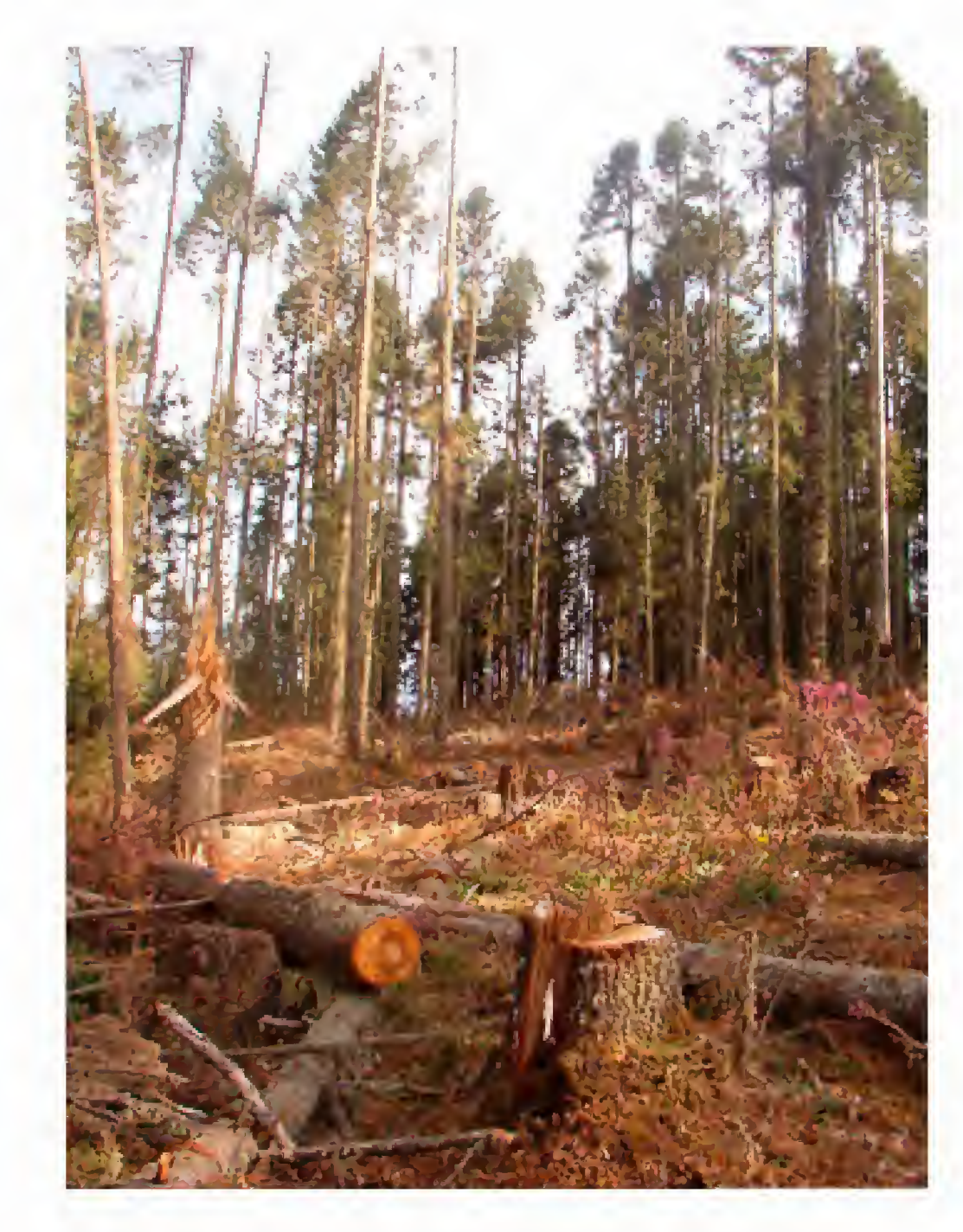
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Rana arborícola mexicana (*Smilisca baudinii*). Foto: Rolando Torres García/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Sobreexplotación de bosque en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Angangueo Michoacán. Foto. Carlos Galindo Leal/Banco de Imágenes CONABIO.

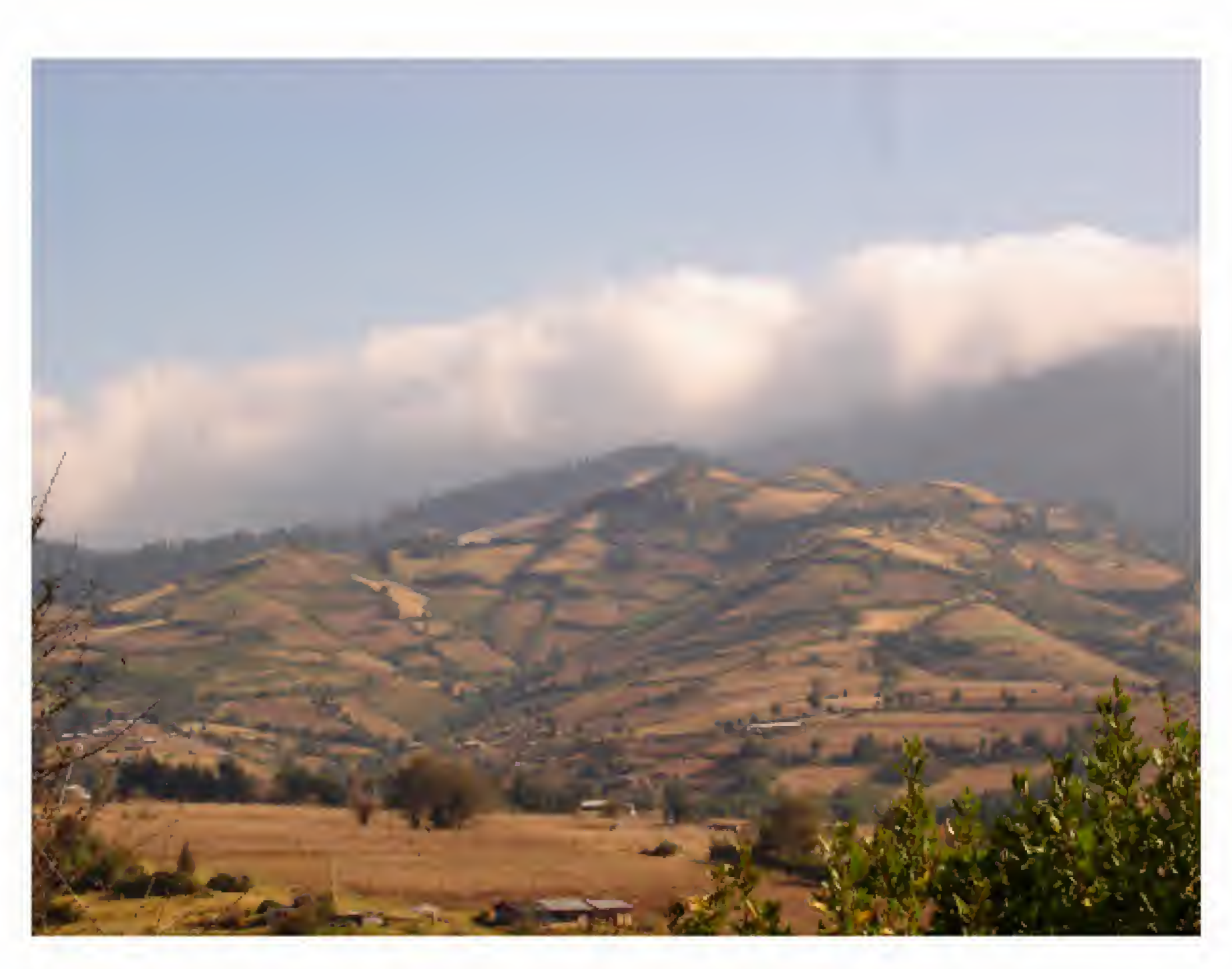
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Pérdida de hábitat y erosión de bosques michoacanos. Foto. Carlos Galindo Leal/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Paisaje deforestado en Zitácuaro, Michoacán. Foto. Carlos Galindo Leal/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Contaminación de cuerpos de agua y vegetación riparia, Mintzita, Michoacán. Foto. Pablo Gesundheit Moreno/ Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuerpo de agua contaminado con plásticos. Foto: Pablo Gesundheit Moreno/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Lugareños bañándose en laguna Minzita. Foto: Pablo Gesundheit Moreno/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Paisaje semiurbano y vegetación acuática. Foto: Alejandra Valero Méndez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Humedal en Erongarícuaro, Michoacán. Foto: Gerardo Ruíz Sevilla/Banco de Imágenes CONABIO.

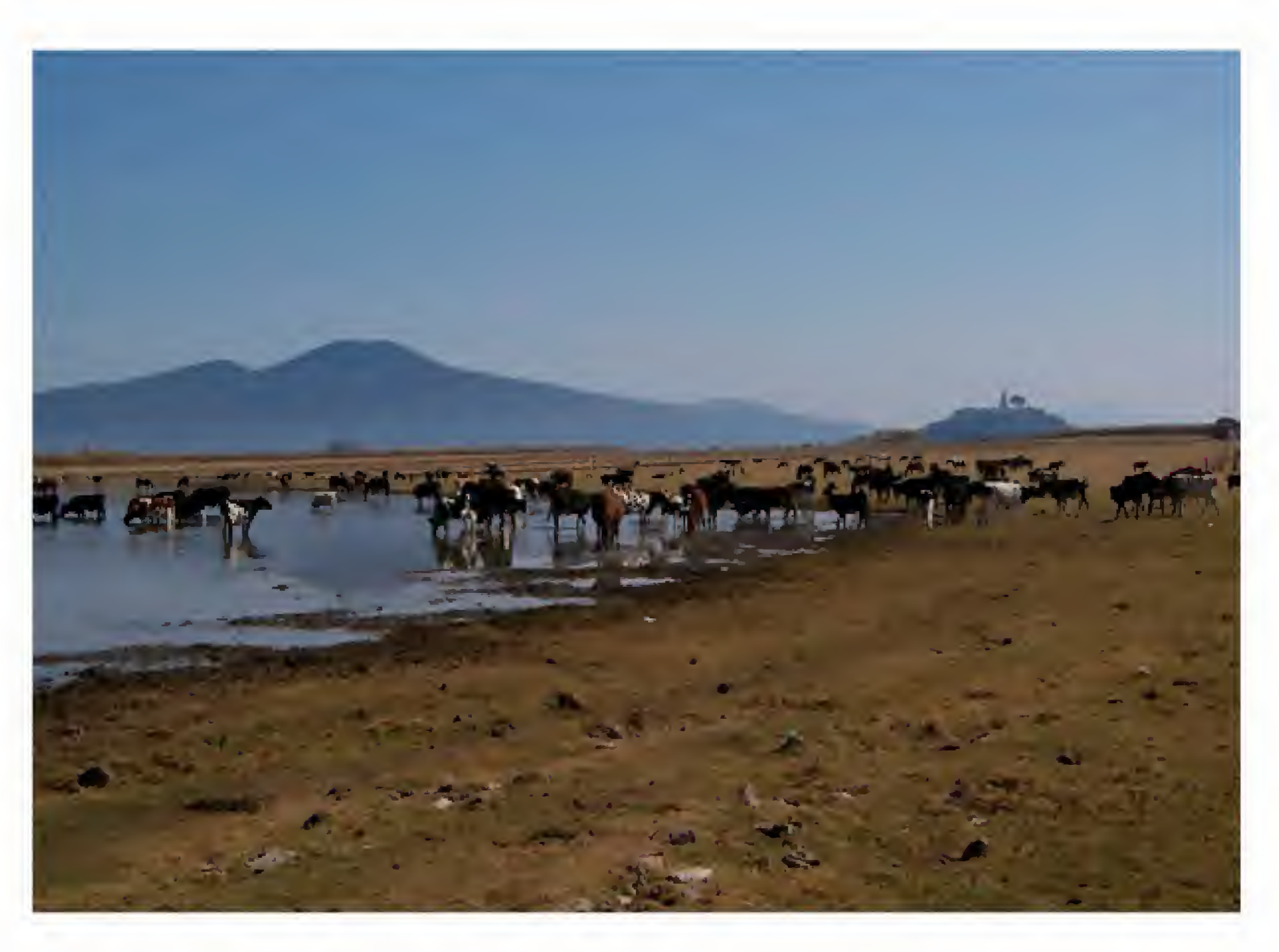
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Culebra corredora moteada. Foto: Juan Manuel González Villa/ Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Pastoreo de vacas en humedal de Jarácuaro. Foto: Gerardo Ruíz Sevilla/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.), especie invasora exótica. Foto: Roberto Mendoza/Banco de Imágenes CONABIO.

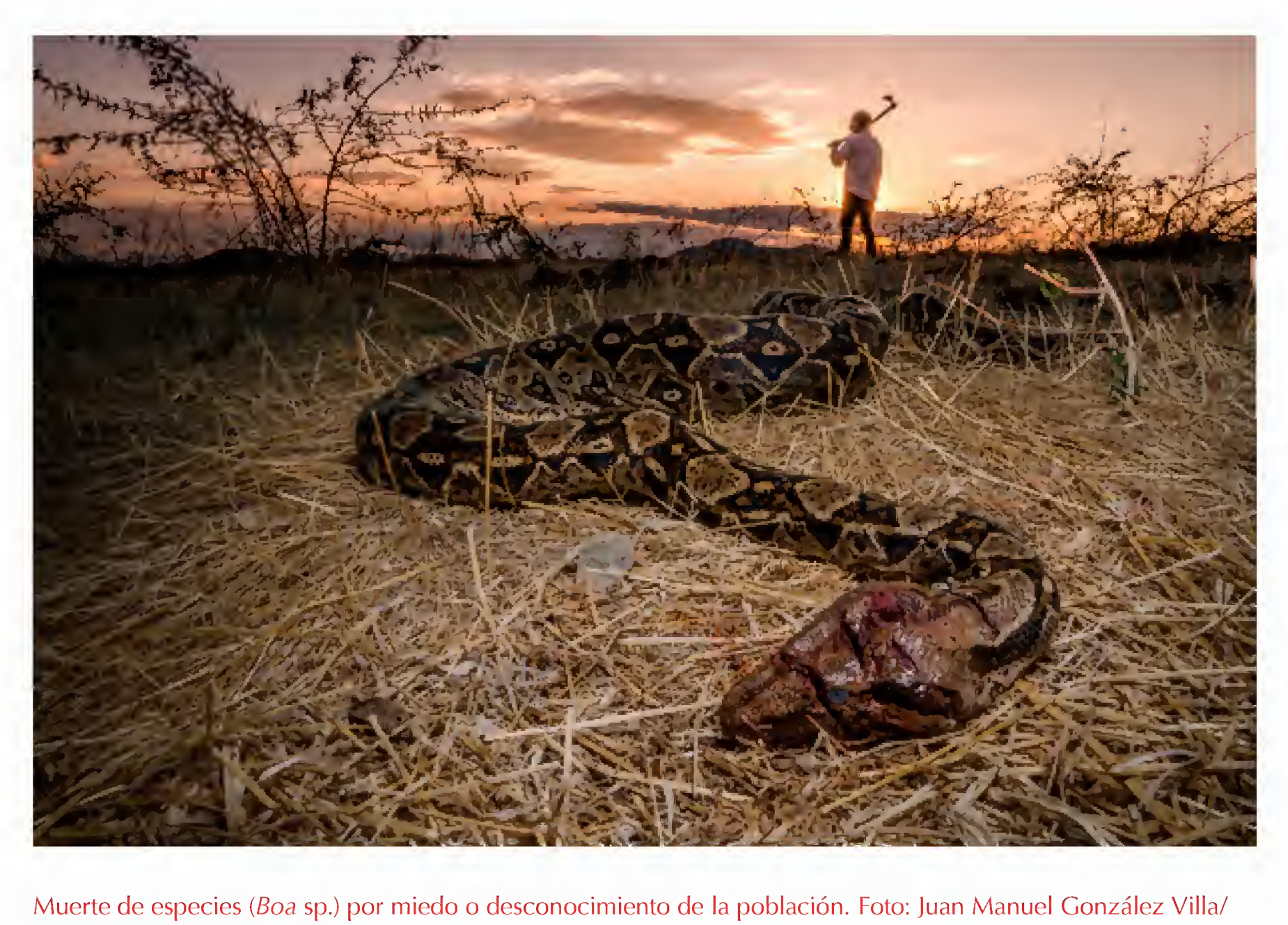
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tronadora *Hamadryas atlantis lelaps*. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Muerte de especies (*Boa* sp.) por miedo o desconocimiento de la población. Foto: Juan Manuel González Villa/ Banco de Imágenes CONABIO.

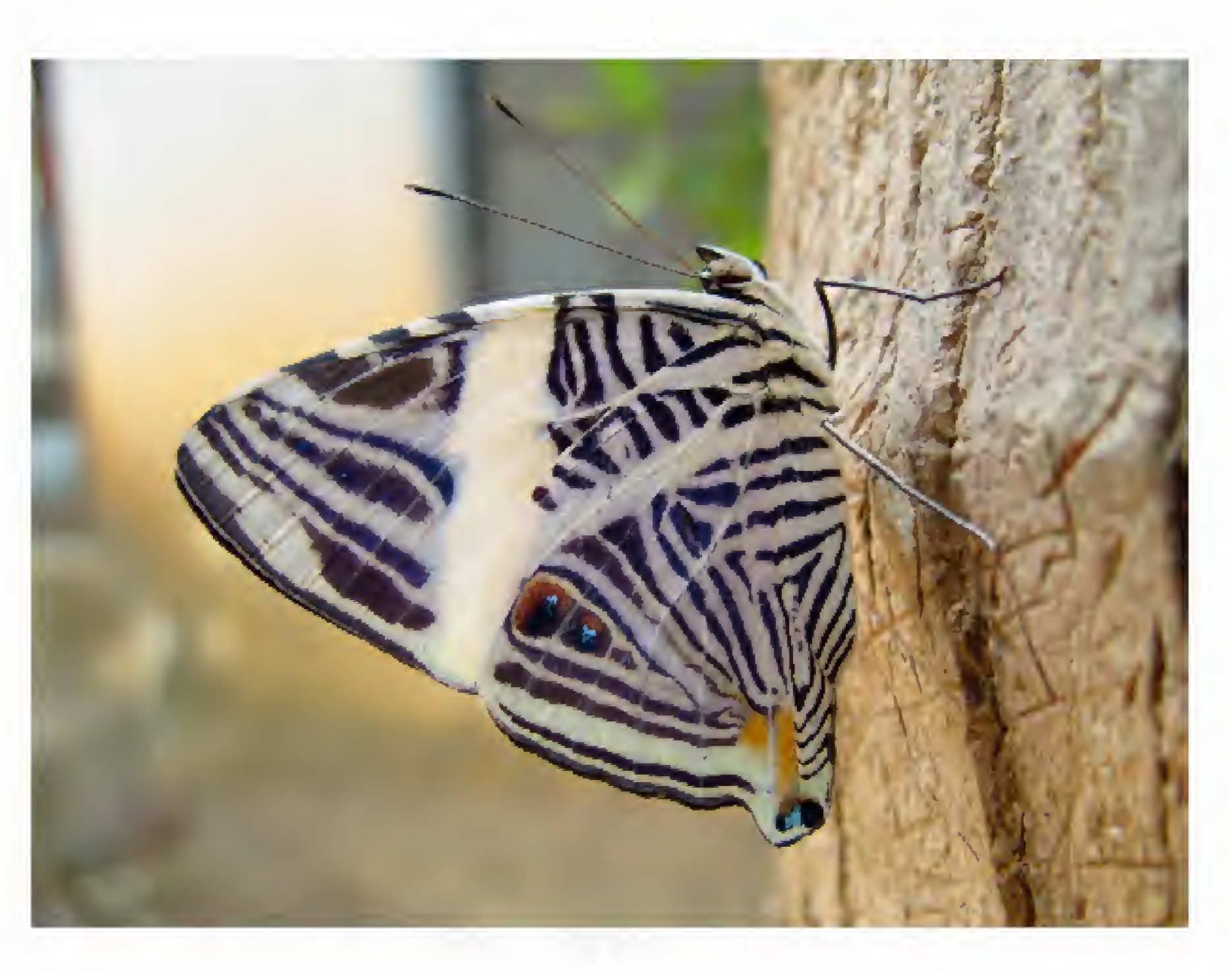
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Parvada de pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), visitante invernal de Michoacán. Foto: Roxana Barriga Rodríguez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Mariposa *Colobura dirce*, distribuida en al menos siete municipios de la entidad. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Acciones que favorecen la conservación de especies en Lázaro Cárdenas, Michoacán. Foto: Patricia Oropeza Hernández/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Letreros de difusión para cuidar las áreas naturales protegidas del estado. Foto: Patricia Oropeza Hernández/ Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Biznaga de flores rosadas (*Mammillaria rhodantha*) especie endémica. Foto: Ulises Guzmán/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Entrada al centro de cultura de El Rosario. Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Raspa del maguey para obtener aguamiel, Tlalpujahua de Rayón, Michoacán. Foto: David Figueroa Pérez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Pescadores en la costa michoacana. Foto: Benjamín Magaña Rodríguez/ Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Capullo de mariposa monarca. Foto: Grisbel Salas/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mariposa monarca. Foto: Isaí Domínguez Guerrero/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hongo macromiceto (*Hygrocybe* sp.). Foto: Gerardo Guerrer Pérez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ajolote de Zacapu (*Ambystoma andersoni*). Foto: Alejandro Prieto/Banco de Imágenes CONABIO.

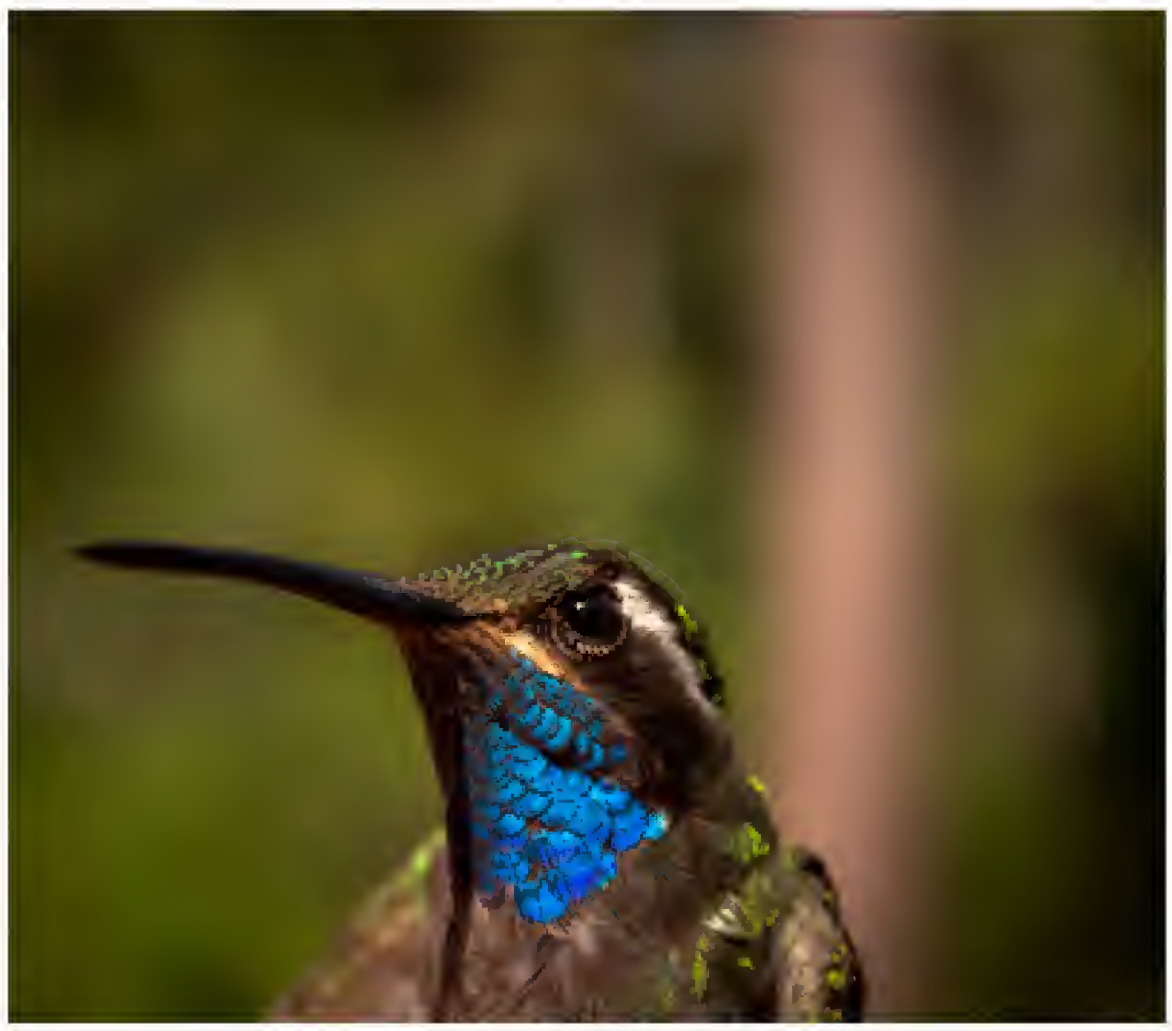
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Árboles ribereños en Tangancícuaro de Arista, Michoacán. Foto: Guillermo Gonzalez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*), ave semiendémica distribuida en las provincias Sistema Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur. Foto: Chak Julián Hernández Cisneros/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Barisia imbricata, especie en la categoría Sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Foto: José Bolívar Santos Trinidad/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Escarabajo endémico (*Euphoria basalis*). Foto: Stefani Huerta/Banco de Imágenes CONABIO.

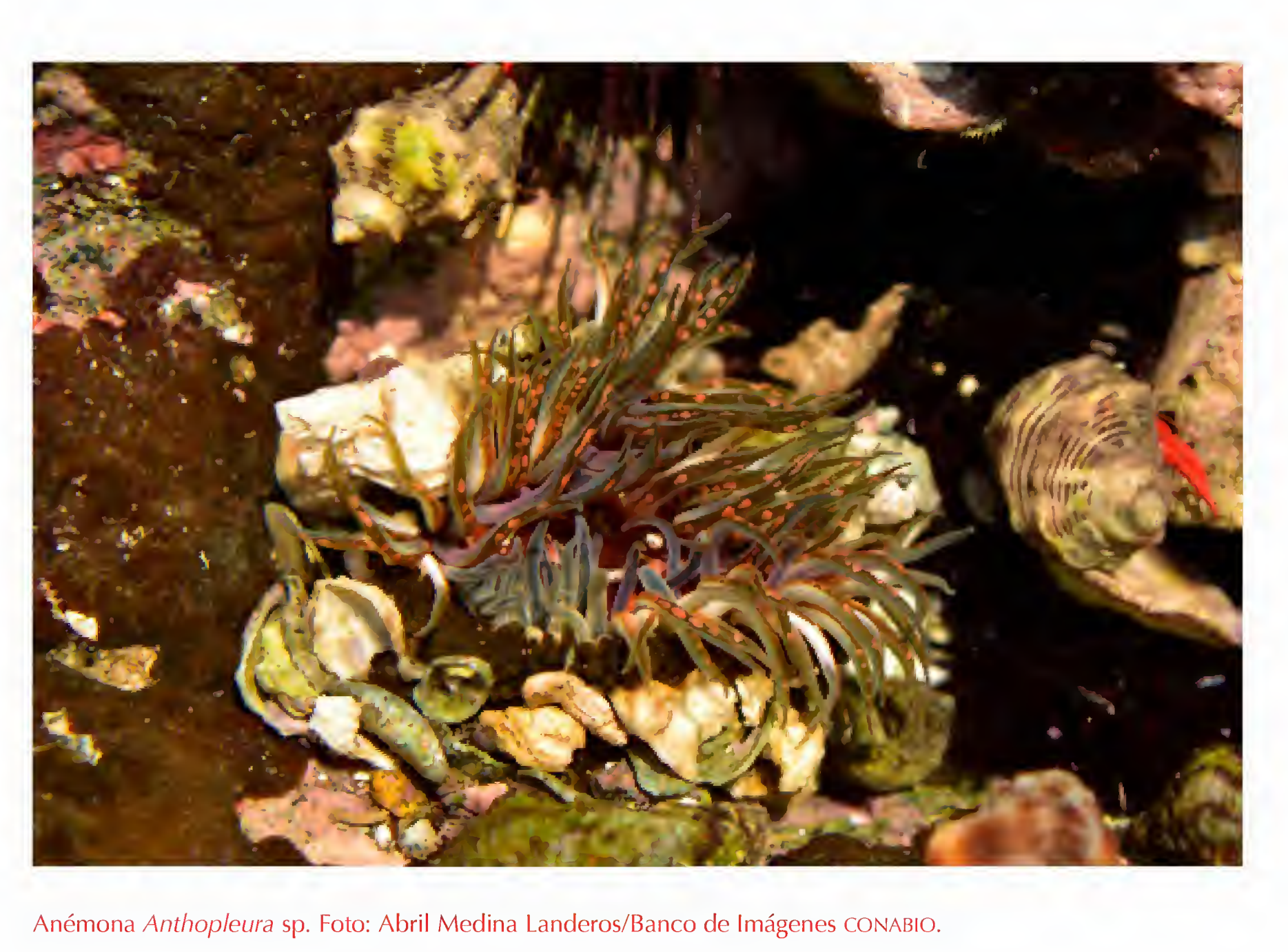
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*), en la categoría Amenazada en la NOM-059. Foto: Rosario Arreola Gómez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

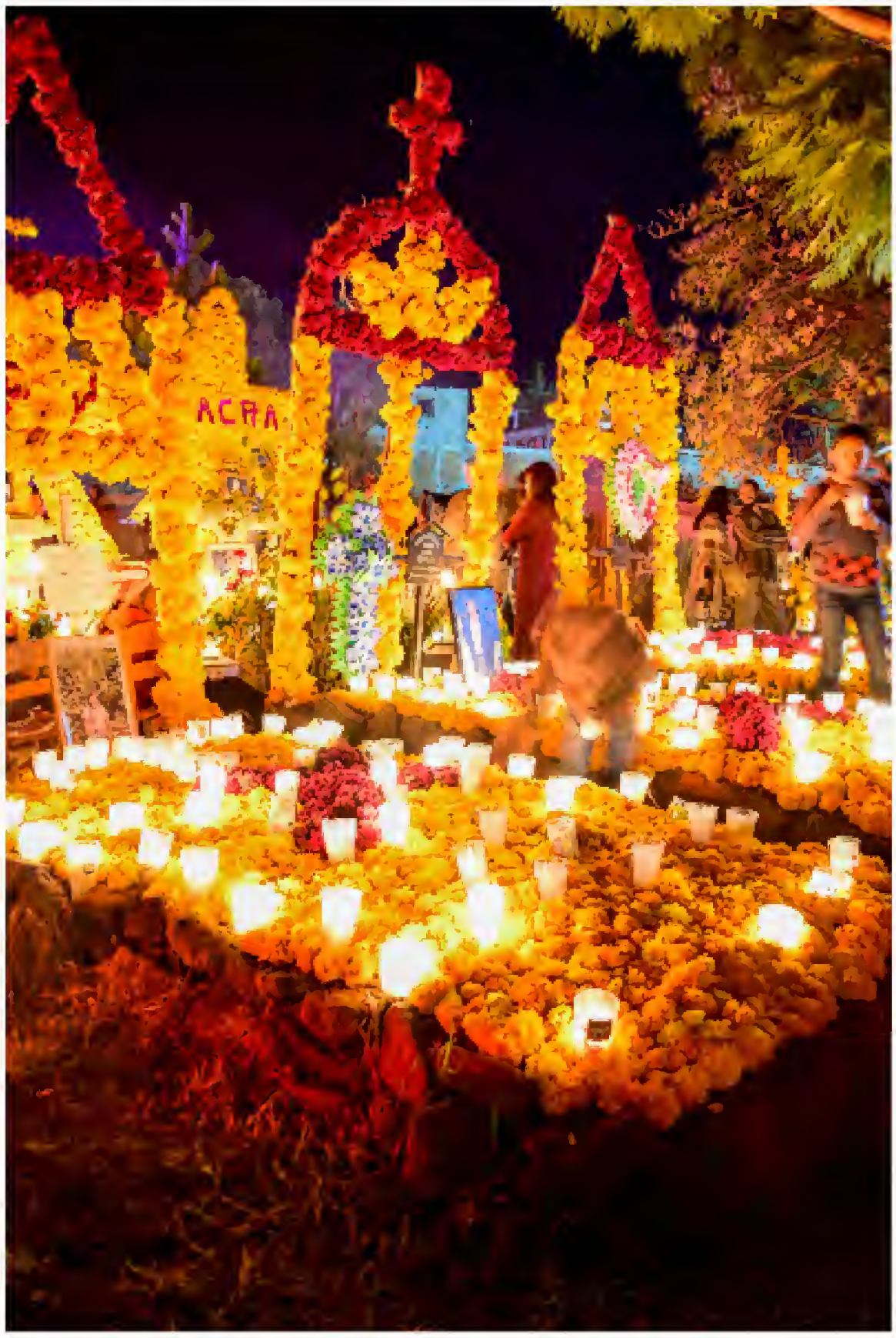
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Anémona *Anthopleura* sp. Foto: Abril Medina Landeros/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Día de muertos en Tzintzuntzán, Michoacán. Foto: Hernán Daniel Colazo/ Banco de Imágenes CONABIO.

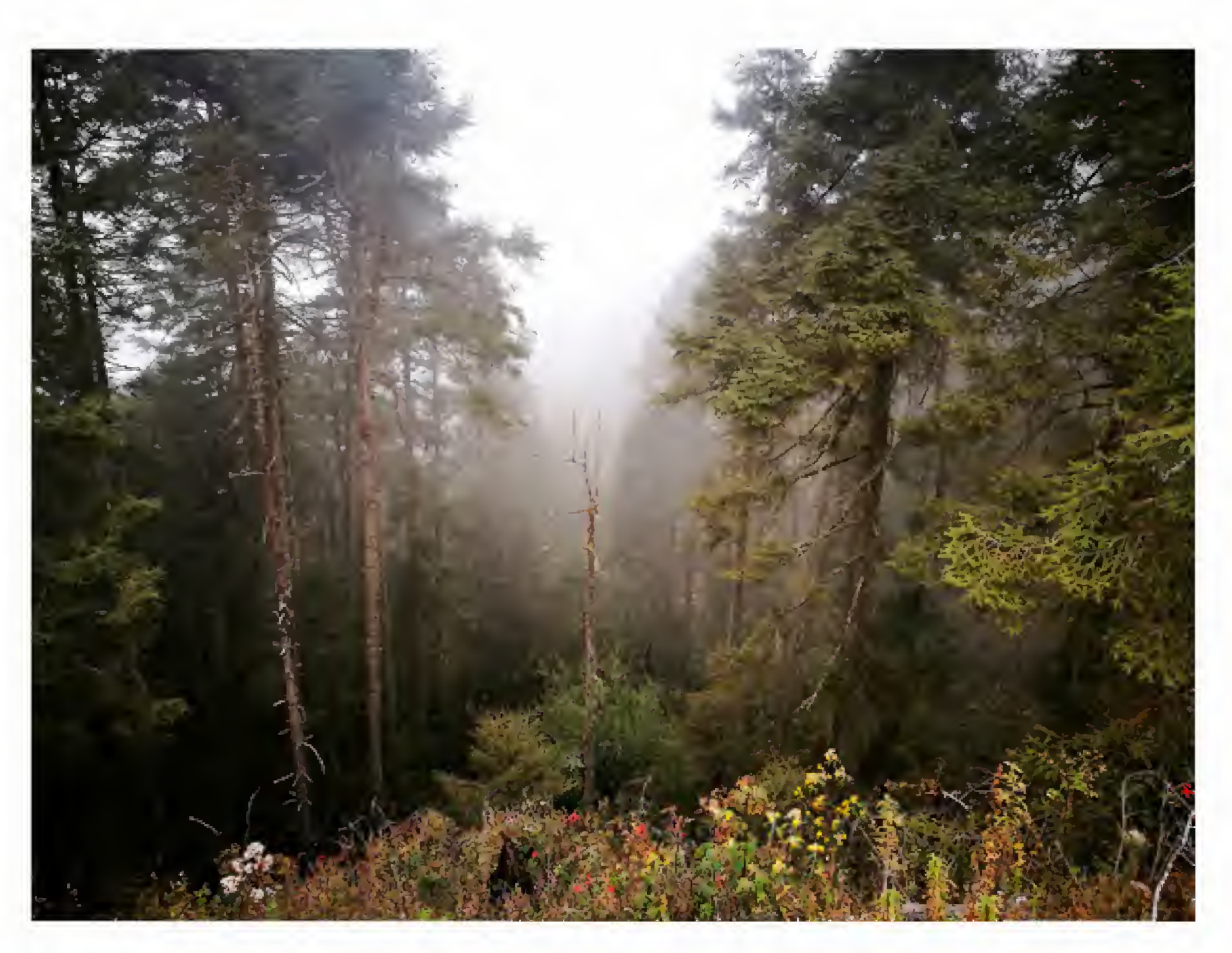
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Flor de agua (*Nymphaea ampla*) registrada en la provincia Sistema Volcánico Transversal, en Michoacán. Foto: Adrián Solís/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Bosque en Angangueo, Michoacán. Foto: Ignacio Alfredo Ponce Ornelas/Banco de Imágenes CONABIO.

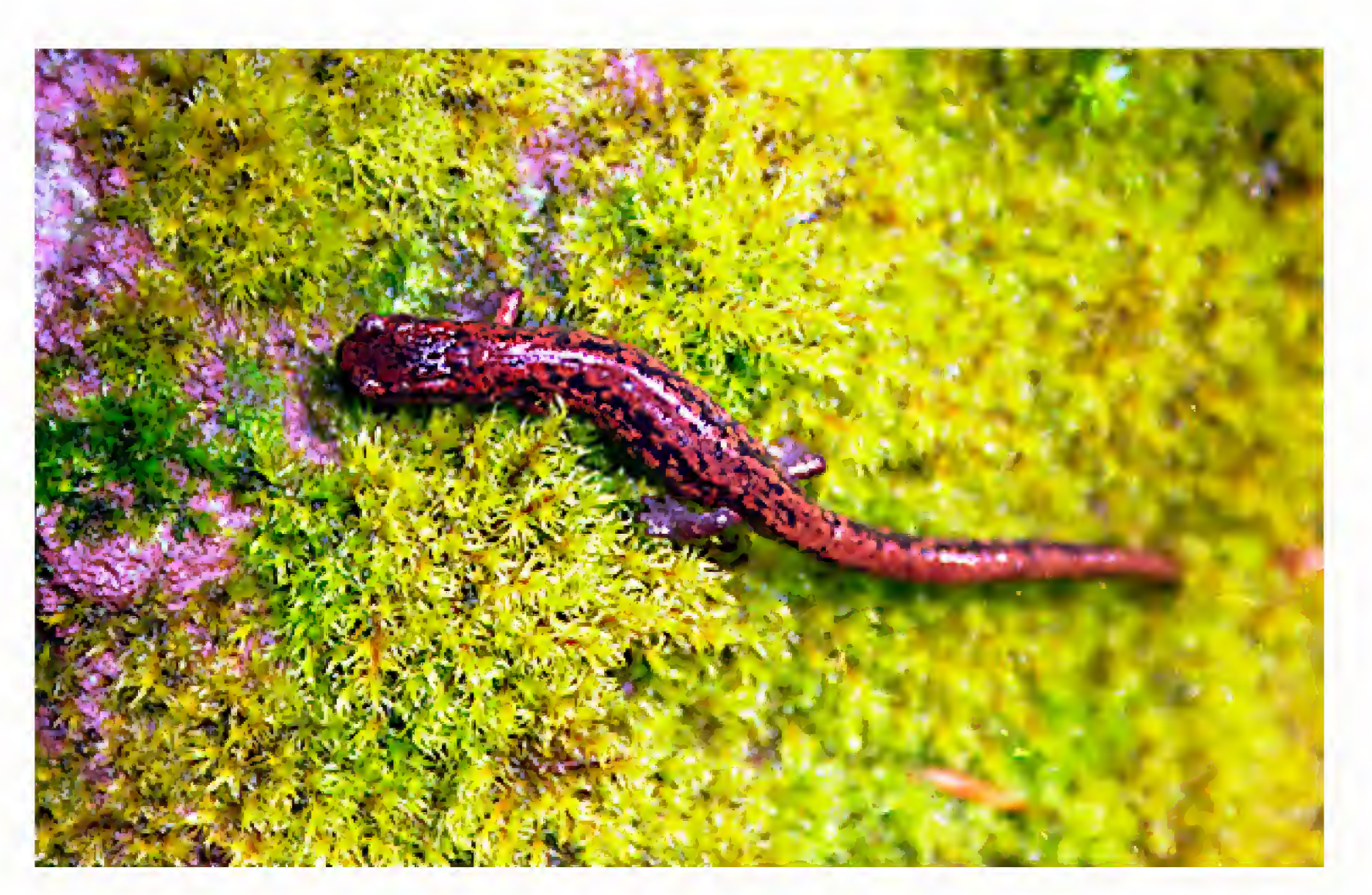
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Costa rocosa de Maruata, Michoacán. Foto: Juan Manuel González Villa/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Tlaconete dorado (*Pseudoeurycea leprosa*), especie amenazada según la Norma Oficial Mexicana. Foto: Héctor A. Rojas Carrizales/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aves al amanecer en humedal michoacano. Foto: Pamela María del Socorro Cervantes Mora/Banco de Imágenes CONABIO.

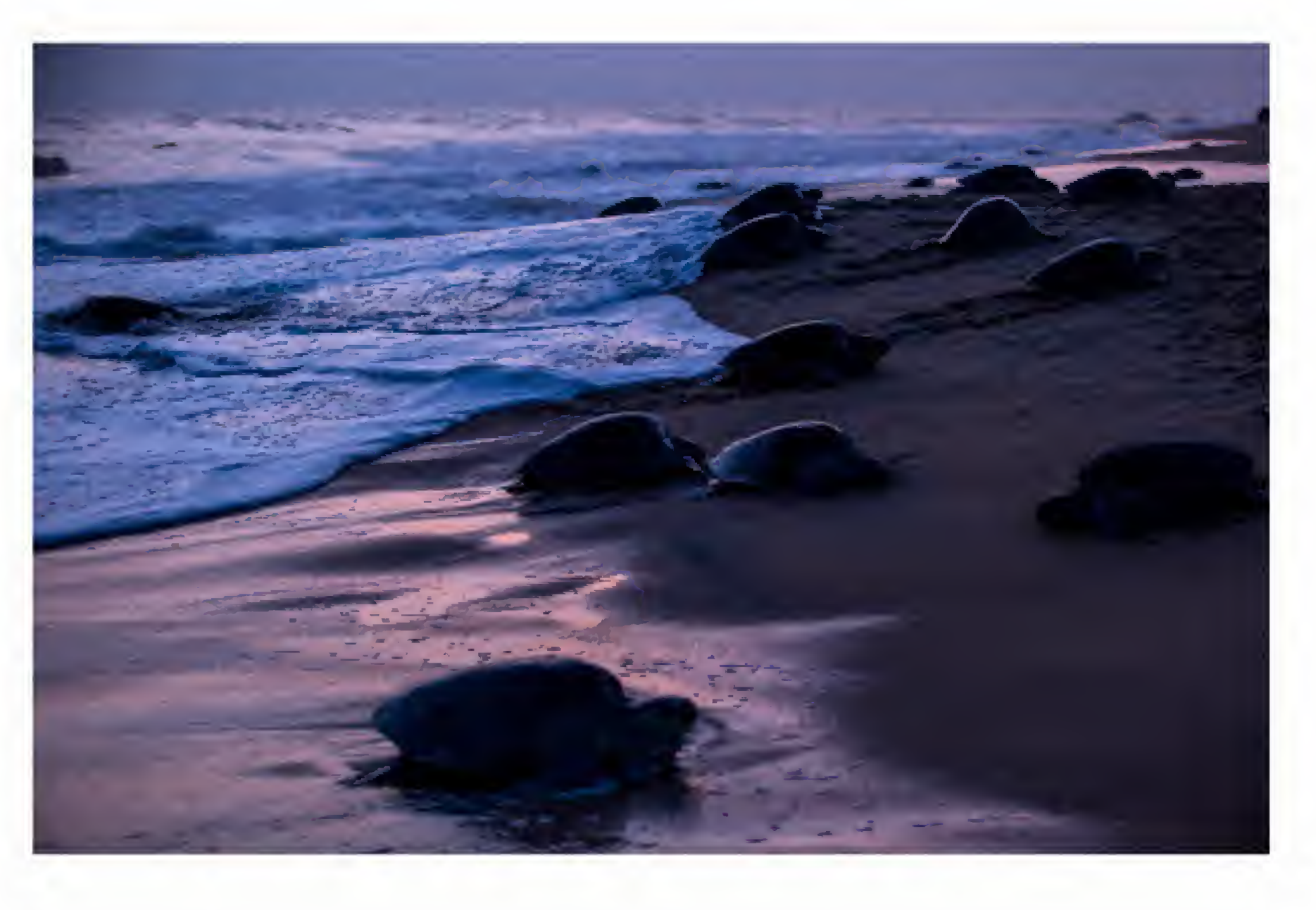
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Monstruo de Gila (*Heloderma horridum*) en la categoría de Amenazada según la Norma Oficial Mexicana. Foto: Gerardo Eusebio Valdes/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Arribada de tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*) en la playa Ixtapalilla. Foto: Marco Antonio Benítez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnico-científica de las secciones:

VOLUMEN I

Contexto físico-geográfico: Dr. Gerardo Bocco[1] y Dr. Thomas Josef Ihl.[2]
Sociedad, economía y desarrollo: Dr. Dante Ariel Ayala Ortiz[3] y Dra. Katia Beatriz Villafán Vidales.[3]
Dimensión socio-ambiental de la biodiversidad: avances y perspectivas: Dra. Adriana Margarita Guzmán,[4] Dra. Flor Cecilia Barajas López[5] y M. en C. Aidé Pineda Ambriz.[6]
Diversidad de ecosistemas: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]

VOLUMEN II

Diversidad de especies: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]

VOLUMEN III

Diversidad genética: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]
Conservación y restauración: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]
Aprovechamiento: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]
Factores de presión: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]

---

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, [2]Universidad Martín-Lutero Halle-Wittenberg, [3]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [4]Presidencia de la República, [5]Museo de Historia Natural-UMSNH, [6]Secundaria Técnica núm. 150, [7] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Revisión técnica de textos[a] y listas de especies:[b]
Karla Carolina Nájera Cordero,[a,b] Rafael Eduardo Pompa Vargas,[a] Ana Laura García,[a] Sara González Pérez,[a] Oscar Báez Montes,[a] Saúl López Alcaide,[a] Gonzálo Pino Farías,[a] Yajaira García Feria,[a] Inti Burgos Hidalgo,[a] Liliana Ramírez Moreno,[a] Esteban Eduardo Benítez Inzunza,[a] Ramón Cecaira Ricoy,[a] Griselda Guerreo Márquez[b] y Jorge Cruz Medina.[b]

Agradecimientos: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Neyra Sosa y Raquel Andaluz, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales de la elaboración de esta obra.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019.
La biodiversidad en Michoacán Estudio de Estado 2. CONABIO, México.

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en:
http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html

Versión digital

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

2015 - 2021
Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial
Gobierno del Estado de Michoacán

Gobierno de MICHOACÁN

MICHOACÁN SE ESCUCHA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA